



TUGAS AKHIR – RC14-501

**DESAIN DAN PERANCANGAN SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK INTEGRAL UNTUK PEMBANGUNAN
CEPAT GEDUNG BERTINGKAT TAHAN GEMPA**

GIFARI ZULKARNAEN
NRP. 3112 100 047

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Taviero, M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



BACHELOR THESES RC14-501

**DESIGN AND PLANNING OF INTEGRAL PRECAST
CONCRETE FLOOR SYSTEM FOR FAST-BUILD OF
MULTISTORY EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING**

GIFARI ZULKARNAEN
NRP. 3112 100 047

Advisor

Prof. Ir. Tavio, M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**DESAIN DAN PERANCANGAN SISTEM
LANTAI BETON PRACETAK INTEGRAL
UNTUK PEMBANGUNAN CEPAT
GEDUNG BERTINGKAT TAHAN GEMPA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

GIFARI ZULKARNAEN
NRP. 3112 100 047

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. **Prof. Ir. Tavio, M.T., Ph.D.**
NIP. 197003271997921001

2. **Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA**
NIP. 195004031976031001



Surabaya, Agustus 2016

DESAIN DAN PERANCANGAN SISTEM LANTAI BETON PRACETAK INTEGRAL UNTUK PEMBANGUNAN CEPAT GEDUNG BERTINGKAT TAHAN GEMPA

Nama Mahasiswa : Gifari Zulkarnaen
NRP : 3112100047
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Tavio, M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA.

ABSTRAK

Berkembang pesatnya pembangunan gedung bertingkat di Indonesia menuntut pengembangan teknologi yang mendukungnya, salah satunya beton pracetak yang memiliki kualitas kontrol tinggi serta pelaksanaan yang cepat dan bersih. Di lain sisi, telah dikembangkan sistem lantai integral, yaitu modular pabrikan dengan material baja berupa balok, slab, finishing, dan utilitas menjadi satu kesatuan modular, sehingga meningkatkan kecepatan pembangunan gedung bertingkat secara signifikan. Namun karena industri beton masih lebih populer daripada industri baja di Indonesia, perlu adanya desain dan perancangan sistem lantai beton pracetak integral pada pembangunan cepat gedung bertingkat tahan gempa.

Konsep sistem lantai beton pracetak integral yaitu modular yang mampu mendukung desain universal dalam grid 4x4m terdiri dari komponen-komponen struktur tipikal dengan sambungan mekanis. Rancangan struktur menggunakan 30 lantai sistem ganda pada gempa maksimum dan tanah lunak. Modular lantai integral dibagi menjadi dua jenis yaitu normal dan didimensi 4x4 m meliputi pelat waffle setebal 10 cm, balok grid 10x25 cm melintang dua arah

masing-masing dua buah dan balok induk 30x50 cm pada dua sisi. Modular kolom dibagi ke dalam tiga jenis setiap sepuluh lantai, mulai dari ukuran 80x80 cm, 60x60 cm dan 40x40 cm. Seluruh sambungan antar modular menggunakan sambungan mekanis, yaitu korbrel pada balok grid-balok induk, kopler tulangan pada balok-kolom, dan column shoe pada antar kolom. Metode pelaksanaan meliputi fabrikasi modular di pabrik, penanganan termasuk transportasi dari pabrik ke lokasi proyek dan ereksi modular di pabrik maupun di lokasi proyek, perakitan modular di lokasi proyek, dan finishing.

Kata Kunci : Lantai Integral, Beton Pracetak, Pembangunan Cepat, Gedung Bertingkat, Struktur Tahan Gempa

DESIGN AND ANALYSIS OF INTEGRAL PRECAST CONCRETE FLOOR SYSTEM FOR FAST CONSTRUCTION OF EARTHQUAKE RESISTANT MULTI-STORY BUILDING

Nama Mahasiswa : Gifari Zulkarnaen
NRP : 3112100047
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Tavio, M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA.

ABSTRAK

The rapidly growth of the construction of buildings in Indonesia requires the development of technologies supporting it, include precast concrete which has high quality control as well as the clean and rapid implementation.. On the other hand, it has been developed an integral floor systems, a manufactured steel modular consists of beams, slabs, finishing, and utilities merged into a single modular, thus increasing the speed of construction of multi-storey buildings significantly. However, due to the concrete industry is still more popular than the steel industry in Indonesia, the need for design and design of precast concrete floor systems integral to the rapid development of multi-storey buildings earthquake resistant.

The concept of precast concrete floor systems are modular integral capable of supporting universal design in a 4x4m grid consists of structural components typical of mechanical connection. The design of 30-storey structure using dual system at maximum earthquake and soft ground. Modular integral floor is divided into two types: normal and near shear wall which has 4x4 m dimension includes 10 cm waffle slab, 10x25 cm grid beams transverse two directions

respectively two and beam 30x50 cm on two of four sides. Modular column is divided into three types of every ten floors, ranging from the size of 80x80 cm, 60x60 cm and 40x40 cm. The whole connection between the modular use of a mechanical connection, which is the corbel on the beam-beam grid, couplers reinforcement in the beam-column, and the column shoe in between columns. Methods of execution include modular fabrication in the factory, including the handling of transportation from the factory to the construction site and erection of modular factory or at the building site, the modular assembly at the project site, and finishing.

Kata Kunci : Integral Floor, Precast Concrete, Fast Construction, Multi-story Building, Earthquake-resistant Structure

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir berjudul “Desain dan Perancangan Sistem Lantai Beton Pracetak untuk Pembangunan Cepat Gedung Bertingkat Tahan Gempa” dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah membantu penulis dalam pembuatan tugas akhir ini, mulai dari rencana, proses, hingga tahap penyusunan. Terutama untuk:

1. Ayah Ir. Muhajir, MM dan Ibu Siti Nuryani atas segala dukungan, doa, perhatian, dan kesabaran yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan studi hingga sarjana dan menggapai cita-cita.
2. Bapak Prof. Ir. Tavio, M.T., Ph.D dan Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Dosen pengajar dan karyawan di Teknik Sipil ITS yang telah memberikan begitu banyak ilmu teknik sipil untuk memenuhi kebutuhan lulusan yang berkualitas.
4. Keluarga S55 dan teman-teman yang banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, seperjuangan mengerjakan TA setiap hari; Febri, Mide, Tika, seperjuangan TA pracetak; Habib, Danny Triputra, Serenita, Andreas, seperjuangan dosen pembimbing; Hendra, Ichsan, Anita, Danny Rahmat, Fedya, tim lomba dengan karya TA ini; Safitri, Gali, senior-senior yang banyak memberi ilmu dan informasi; mas Samsul, mbak Cica, mbak Caca, mas Teddy, mas Arwin, mas Nanang, serta keluarga asrama Rumah Kepemimpinan PPSDMS dengan segala dukungan moral dan semangatnya.

5. Beasiswa Rumah Kepemimpinan PPSDMS dan Karya Salemba Empat yang telah membantu memenuhi kebutuhan selama kuliah di ITS serta memberikan peningkatan spiritual, softskill, dan wawasan.
6. Alumni Teknik Sipil ITS (ALSITS) yang banyak membantu ketika penulis menimba ilmu di mancanegara.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang selalu memberi dukungan untuk penulis selama perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini, semoga jasa anda sekalian dibalas kebaikan oleh-Nya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih mempunyai banyak kekurangan sehingga masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak dalam perbaikan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat dan dapat menambah pengetahuan bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

Daftar Isi

Halaman Judul	i
<i>Cover</i>	ii
Halaman Pengesahan.....	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	vi
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Tabel.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Gedung Bertingkat Tahan Gempa	5
2.2. Metode Perencanaan Struktur Gedung	8
2.2.1. Peraturan dan standar perencanaan	8
2.2.2. Perencanaan elemen struktur.....	9
2.2.3. Jenis beban	10
2.3. Sistem Lantai Integral.....	13
2.4. Beton Pracetak.....	16
2.4.1. Balok beton pracetak	16
2.4.2. Pelat beton pracetak.....	17
2.4.3. Kolom pracetak	19
2.5. Sambungan Pracetak.....	20
2.5.1. Mekanisme pemindahan beban	20
2.5.2. Klasifikasi sistem dan sambungannya.....	21
2.5.3. Pola-pola kehancuran	22
2.5.4. Aturan yang Berlaku	22

BAB III METODOLOGI	27
3.1. Diagram Alir Penelitian	27
3.2. Studi Literatur	28
3.3. Desain Sistem Lantai Beton Pracetak Integral	29
3.4. Analisis Struktur	30
3.5. Perencanaan Metode Pelaksanaan	31
 BAB IV KONSEP SISTEM LANTAI BETON PRACETAK INTEGRAL	 33
4.1. Overview Konsep Ide	33
4.2. Konsep Modular Lantai Beton Pracetak Integral	35
4.3. Konsep Modular Lainnya	37
4.4. Konsep Sambungan Antar Modular	38
4.5. Konsep Metode Pelaksanaan	39
 BAB V PRELIMINARY DESIGN	 41
5.1. Studi Kasus	41
5.1.1. Data Perencanaan	41
5.1.2. Data bangunan	41
5.1.3. Detail bangunan	42
5.2. Pembebanan	44
5.3. Perencanaan Dimensi	44
5.3.1. Dimensi balok induk	44
5.3.2. Dimensi balok rusuk	45
5.3.3. Tebal pelat rusuk	45
5.3.4. Dimensi Kolom	47
5.3.5. Tebal Dinding Geser	50
 BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER	 51
6.1. Permodelan pelat dan balok rusuk	51
6.1.1. Data perencanaan pelat dan balok rusuk	51
6.1.2. Pembebanan pelat dan balok rusuk	52
6.2. Perencanaan Pelat Rusuk	53
6.3. Perencanaan Balok Rusuk	56
 BAB VII PEMODELAN STRUKTUR	 63

7.1. Permodelan Struktur	63
7.2. Pembebanan	64
7.2.1. Beban mati	64
7.2.2. Beban hidup	64
7.2.3. Beban gempa	65
7.2.4. Kombinasi beban	68
7.3. Kontrol Desain	68
7.3.1. Kontrol beban gravitasi	68
7.3.2. Kontrol partisipasi massa	73
7.3.3. Kontrol waktu fundamental	75
7.3.4. Kontrol nilai akhir dinamik	77
7.3.5. Kontrol batas simpangan (drift)	78
7.3.6. Kontrol distribusi sistem ganda	81
 BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA	 83
8.1. Umum	83
8.2. Perencanaan Balok Induk	83
8.2.1. Data perencanaan	83
8.2.2. Penulangan lentur balok induk lantai integral B	85
8.2.3. Penulangan geser balok induk lantai integral B	88
8.2.4. Penulangan torsi balok induk lantai integral B	91
8.2.5. Kontrol retak	92
8.2.6. Rekapitulasi analisa struktur balok induk	92
8.3. Perencanaan Kolom	98
8.3.1. Data perencanaan	98
8.3.2. Kontrol Dimensi Kolom C	100
8.3.3. Penulangan longitudinal kolom C	100
8.3.4. Kontrol kapasitas beban aksial kolom C	101
8.3.5. Kontrol “ <i>strong column weak beam</i> ” kolom C	101
8.3.6. Kontrol gaya geser rencana	102
8.3.7. Penulangan geser kolom	102
8.3.8. Kontrol penulangan torsi	105
8.3.9. Rekapitulasi analisa struktur kolom	105
8.4. Perencanaan Dinding Geser	108
8.4.1. Data perencanaan	108

8.4.2. Kuat aksial rencana	109
8.4.3. Pemeriksaan Tebal Dinding Geser	110
8.4.4. Kuat Geser Beton	110
8.4.5. Penulangan Geser Dinding Geser.....	111
8.4.6. Penulangan Geser Horizontal	111
8.4.7. Batas Kuat Geser Tiap Dinding Struktural.....	112
8.4.8. Rekapitulasi analisa dinding geser	112
8.5. Pengangkatan.....	114
8.5.1. Pembebanan lantai integral ketika penanganan.....	115
8.5.2. Kunci pengangkatan lantai integral	115
8.5.3. Gaya dalam pengangkatan modular lantai integral .	119
8.5.4. Pengangkatan kolom	119
8.5.5. Kunci pengangkatan kolom.....	120
8.5.6. Kait pengangkat.....	122
 BAB IX PERENCANAAN SAMBUNGAN	125
9.1. Umum.....	125
9.2. Perencanaan Sambungan Antar Modular Lantai	125
9.3. Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom.....	129
9.3.1. Perencanaan konsol pada kolom	129
9.3.2. Perencanaan sambungan mekanik kopler.....	133
9.4. Perencanaan Sambungan Antar Kolom	135
 BAB X METODE PELAKSANAAN.....	141
10.1. Umum	141
10.2. Pabrikasi.....	141
10.3. Penanganan Modular.....	144
10.4. Tahap Pelaksanaan dan Perakitan	148
10.4.1. Perakitan sambungan antar modular lantai integral	149
10.4.2. Perakitan sambungan kolom dengan balok induk pada lantai integral	149
10.4.3. Perakitan sambungan antar kolom	151
10.4.4. Perakitan struktur sekunder	152
10.5. Finishing	153

BAB XI PENUTUP	155
11.1. Kesimpulan	155
11.2. Saran	156

Daftar Gambar

Gambar 2.1.	Jenis Bangunan Berdasarkan Ketinggian dan Jumlah Lantai	5
Gambar 2.2.	Konstruksi Bangunan dengan Sendi Plastis.	7
Gambar 2.3.	Peta untuk Menentukan Harga Ss.....	11
Gambar 2.4.	Peta untuk Menentukan Harga S1.	11
Gambar 2.5.	Analisis Gempa Statik Ekvivalen.	12
Gambar 2.6.	Spektrum Respons Desain.	13
Gambar 2.7.	Sistem rangka dan sirkulasi udara Sistem Lantai Integral (kiri) serta pabrikasi Sistem Lantai Integral (kanan) oleh BROAD Group.....	14
Gambar 2.8.	Proses perakitan Sistem Lantai Integral di lapangan (kiri) dan contoh implementasi teknologi BSB pada gedung 57 lantai J57 di Tiongkok (kanan).	15
Gambar 2.9.	Berbagai Jenis Balok Beton Pracetak.	17
Gambar 2.10.	Pelat Lantai Beton Pracetak Pejal dan Pengerjaannya.....	18
Gambar 2.11.	Sistem Pelat Rusuk/Waffle.	18
Gambar 2.12.	Kolom Pracetak (a) <i>Simple Prismatic Columns</i> (b) <i>Bearing Columns</i> dan (c) <i>T Columns</i>	19
Gambar 2.13.	Mekanisme Pemindahan Beban.....	20
Gambar 2.14.	Model Keruntuhan.....	22
Gambar 2.15.	Geometrik konsol pendek	23
Gambar 3.1.	Diagram Alir Desain dan Perancangan.....	27
Gambar 3.2.	Diagram Alir Desain dan Perancangan (lanjutan).	28
Gambar 4.1.	Komponen-komponen Terintegrasi pada Sistem Lantai Beton Pracetak Integral	34
Gambar 4.2.	Perspektif Modular Lantai Integral.....	36
Gambar 4.3.	Komponen Utilitas dan Finishing pada Lantai Beton Pracetak Integral.....	36

Gambar 4.4.	Perspektif Modular Kolom	37
Gambar 4.5.	Sambungan antar Lantai Integral	38
Gambar 4.6.	Hubungan Balok Kolom pada Modular	38
Gambar 4.7.	Perspektif Hubungan Balok Kolom pada Modular.	39
Gambar 4.8.	Sambungan Antar Kolom	39
Gambar 4.9.	Ereksi Lantai Beton Pracetak Integral Menuju Posisi Layan.....	40
Gambar 5.1.	Denah Arsitektur (Tipikal Semua Lantai).	42
Gambar 5.2.	Denah Struktur (Tipikal Semua Lantai).	42
Gambar 5.3.	Potongan A-A.	43
Gambar 5.4.	Denah Kolom.....	47
Gambar 6.1.	Ukuran pelat rusuk.....	51
Gambar 6.2.	Permodelan pelat rusuk pada SAP2000.....	51
Gambar 6.3.	Distribusi beban dinding pada pelat rusuk.....	52
Gambar 6.4.	Lendutan yang terjadi pada pelat rusuk.	52
Gambar 6.5.	Hasil analisa numerik pelat rusuk, (kiri) momen terfaktor positif dan (kanan) momen terfaktor negatif.	53
Gambar 6.6.	Detail tulangan pelat	56
Gambar 6.7.	Diagram gaya dalam (kiri) geser dan (kanan) momen balok rusuk hasil analisa SAP2000.....	57
Gambar 7.1.	Denah struktur (tipikal semua lantai)	63
Gambar 7.2.	(Dari kiri) tangga + lift, dinding geser, kolom, lantai integral, dan permodelan lengkap struktur	64
Gambar 7.3.	Peta untuk Menentukan Harga Ss.....	65
Gambar 7.4.	Peta untuk Menentukan S ₁	66
Gambar 8.1.	Denah pembalokan dan distribusi gaya dalam balok induk.	84

Gambar 8.2.	Detail Penulangan (dari atas) Balok Induk Lantai Integral A dan B.	97
Gambar 8.3.	Potongan Rangka dan Distribusi Gaya Dalam ..	98
Gambar 8.4.	Diagram Interaksi Aksial – Momen Kolom C.	100
Gambar 8.5.	Denah Penempatan Diding Geser (Blok Hitam)	108
Gambar 8.6.	Permodelan Lantai Integral ketika Penanganan	115
Gambar 8.7.	Penamaan Kunci Pengangkatan.....	117
Gambar 8.8.	Reaksi Pengangkatan Modular Lantai Integral (Ton).	117
Gambar 8.9.	Gaya geser dan momen pengangkatan.	119
Gambar 8.10.	Letak Titik Pengangkatan Kolom.....	119
Gambar 8.11.	Tipe-tipe Kait Pengangkat	122
Gambar 8.12.	Penamaan Kait Pengangkat	124
Gambar 9.1.	Sambungan korbel balok rusuk waffle dan balok induk.	126
Gambar 9.2.	Perilaku Struktur Sambungan Korbel Antar Modular Lantai Integral.....	126
Gambar 9.3.	Detail Sambungan Korbel Antar Modular Lantai Integral.....	128
Gambar 9.4.	Ilustrasi Sambungan Antar Kolom PEC Column Shoe	135
Gambar 9.5.	Perilaku Struktur Sambungan PEC Column Shoe	136
Gambar 10.1.	<i>Recess box</i> untuk membentuk rongga sambungan baut pada kolom pracetak.	143
Gambar 10.2.	Spesifikasi Truk Tipe Semi Low Loader.....	145
Gambar 10.3.	Posisi Perletakan Modular Lantai Integral Ketika Transportasi.	145
Gambar 10.4.	Ereksi Modular Lantai Integral Ketika Tranportasi.....	147

Gambar 10.5.	Ereksi Modular Lantai Integral Ketika Pemindahan.	147
Gambar 10.6.	Tahap Perakitan Sambungan Korbek Antar Modular Lantai Integral.	149
Gambar 10.7.	Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 1-2).....	150
Gambar 10.8.	Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 3-5).....	150
Gambar 10.9.	Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 6-7).....	150
Gambar 10.10.	Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 8-9).....	151
Gambar 10.11.	Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 10-11).....	151
Gambar 10.12.	Tahap Perakitan Sambungan Antar Kolom (langkah 1-3).....	152
Gambar 10.13.	Tahap Perakitan Sambungan Antar Kolom (langkah 4-5).....	152
Gambar 10.14.	Tahap Finishing	153

Daftar Tabel

Tabel 5.1.	Perhitungan Beban Mati per Lantai Kolom A	48
Tabel 5.2.	Perhitungan Beban Mati per Lantai Kolom B	48
Tabel 5.3.	Perhitungan beban mati per lantai kolom C.....	49
Tabel 6.1.	Gaya geser dan momen terfaktor pada titik kritis balok rusuk hasil analisa SAP2000.....	57
Tabel 7.1.	Perhitungan beban mati	69
Tabel 7.2.	Perhitungan beban mati total struktur	72
Tabel 7.3.	Perhitungan beban hidup	73
Tabel 7.4.	Rasio partisipasi massa struktur.....	74
Tabel 7.5.	Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa.....	78
Tabel 7.6.	Kontrol Batas Simpangan Semua Lantai	80
Tabel 7.7.	Kontrol Distribusi Sistem Ganda.....	81
Tabel 7.8.	Kontrol Distribusi Sistem Ganda.....	82
Tabel 8.1.	Rekapitulasi Analisa Struktur Balok Induk	92
Tabel 8.2.	Rekapitulasi Penulangan Balok Induk.....	97
Tabel 8.3.	Gaya tekan dan momen Kolom A pada berbagai kombinasi beban	99
Tabel 8.4.	Rekapitulasi Analisa Struktur Semua Tipe Kolom	105
Tabel 8.5.	Rekapitulasi Penulangan Kolom.....	107
Tabel 8.6.	Output Gaya Dalam Dinding Geser (ETABS).....	109
Tabel 8.7.	Rekapitulasi Analisa Dinding Geser.....	113
Tabel 8.8.	Letak Titik Pengangkatan.	114
Tabel 8.9.	Dimensi Kunci Pengangkatan WAS, BSA, dan PSA	116
Tabel 8.10.	Kapasitas Kunci Pengangkatan WAS, BSA, dan PSA	117
Tabel 8.11.	Persyaratan tulangan tambahan pada stud.	118
Tabel 8.12.	Dimensi Kunci Pengangkatan SRA, WAL, TF, SRAW.....	120

Tabel 8.13.	Kapasitas Kunci Pengangkatan SRA, WAL, TF, dan SRAW.....	121
Tabel 8.14.	Penamaan Kunci Pengangkatan.....	121
Tabel 8.15.	Dimensi Kait Pengangkat	123
Tabel 8.16.	Kait Pengangkatan yang Digunakan.	124
Tabel 9.1.	Kapasitas Sambungan Korbel PC Beam Shoe.....	127
Tabel 9.2.	Dimensi Sambungan Korbel PC Beam Shoe.....	127
Tabel 9.3.	Dimensi Sambungan Korbel PC Beam Shoe (lanjutan).....	128
Tabel 9.4.	Perhitungan Perencanaan Seluruh Konsol	131
Tabel 9.5.	Detail Konsol (dari kiri) Kolom A, B, dan C.....	132
Tabel 9.6.	Dimensi Bartec Plus Coupler & Locknut.	133
Tabel 9.7.	Dimensi Modix Position Coupler.	134
Tabel 9.8.	Spesifikasi Dimensi Sambungan PEC Column Shoe	136
Tabel 9.9.	Spesifikasi kuat tekan dan geser desain PEC Column Shoe	137
Tabel 9.10.	Analisa Sambungan Semua Kolom	138
Tabel 9.11.	Persyaratan tulangan geser pada PEC Beam Shoe.	138
Tabel 9.12.	Tulangan tambahan pada sambungan antar kolom.	139

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin berkembangnya pembangunan gedung bertingkat dan infrastruktur publik tinggi serta pertumbuhan ekonomi yang sangat pesat di Indonesia menuntut adanya teknologi yang mendukung perkembangan pembangunan tersebut. Beragam metode pelaksanaan menuntut adanya kontrol kualitas yang lebih tinggi untuk meminimalisir terjadinya penyimpangan mutu. Teknologi beton pracetak merupakan solusi efektif karena memiliki kontrol kualitas yang tinggi karena diproduksi di pabrik (*off-site*) sekaligus memiliki metode pelaksanaan yang cepat dan bersih sehingga mendukung kebutuhan percepatan pembangunan di Indonesia (AP3I, 2014).

Teknologi sistem beton pracetak terus mengalami perkembangan di Indonesia sejak tahun 1970an. Gedung pracetak di Indonesia sering digunakan untuk bangunan rumah susun (rusun) dengan ketinggian hingga 24 lantai. Saat ini, industri pracetak gedung di Indonesia masih banyak menggunakan sistem sambungan basah (*wet-joint*) pada Hubungan Balok Kolom (HBK) yang memerlukan *setting time* beton cukup lama yang berpengaruh pada waktu pelaksanaan konstruksi (Budianto, 2009; Abduh, 2007).

Di negara Tiongkok, Board Sustainable Building (2010) telah mengembangkan sistem lantai pabrikasi integral dari struktur baja yang dapat menghasilkan pembangunan gedung tahan gempa yang sangat cepat, bahkan hingga 6 lantai dalam satu hari. Dari berbagai inovasi sistem beton pracetak yang telah dikembangkan di Indonesia, belum ada yang mengembangkan sistem modular lantai beton pracetak integral untuk pembangunan cepat gedung bertingkat tahan gempa.

Tugas akhir ini akan mengkaji desain dan rancangan sistem lantai beton pracetak integral pada gedung bertingkat tahan gempa yang tersusun dari balok dan pelat yang dicetak sekaligus

dengan utilitas dan finishing menjadi satu kesatuan modular. Sedangkan untuk sambungan antar modular, digunakan sambungan kering mekanis untuk mendukung sistem pembangunan yang cepat dan efisien. Rancangan diharapkan dapat menekan biaya dan waktu proyek serta kualitas lebih terjamin sehingga semakin mendukung kebutuhan percepatan pembangunan infrastruktur khususnya gedung bertingkat di Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana konsep sistem lantai beton pracetak integral yang mendukung pembangunan cepat gedung bertingkat tahan gempa?
2. Bagaimana rancangan elemen struktur beton bertulang dari modular pada sistem lantai beton pracetak integral tersebut?
3. Bagaimana rancangan sambungan penghubung antar modular pada sistem lantai beton pracetak integral?

1.3. Batasan Masalah

Masalah yang dikaji dalam tugas akhir ini dibatasi sebagai berikut:

1. Hanya mengkaji struktur dan sambungan dari modular lantai beton pracetak integral dan kolom, tidak mengkaji modular lain seperti dinding geser, struktur bawah, dan struktur sekunder non lantai integral utama.
2. Hanya menganalisa pada kasus terburuk yaitu zona gempa terbesar dengan kondisi tanah lunak.
3. Tidak mengkaji sistem utilitas dan finishing dari modular lantai. Hanya memberikan pada elemen struktur yang mungkin dibutuhkan untuk sistem tersebut.
4. Tidak dilakukan analisa biaya.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dari tugas akhir ini adalah:

1. Mendesain konsep sistem lantai beton pracetak integral yang mendukung pembangunan cepat gedung bertingkat tahan gempa.
2. Merancang elemen struktur beton bertulang dari modular pada sistem lantai beton pracetak integral.
3. Merancang sambungan penghubung antar modular pada sistem lantai beton pracetak integral.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

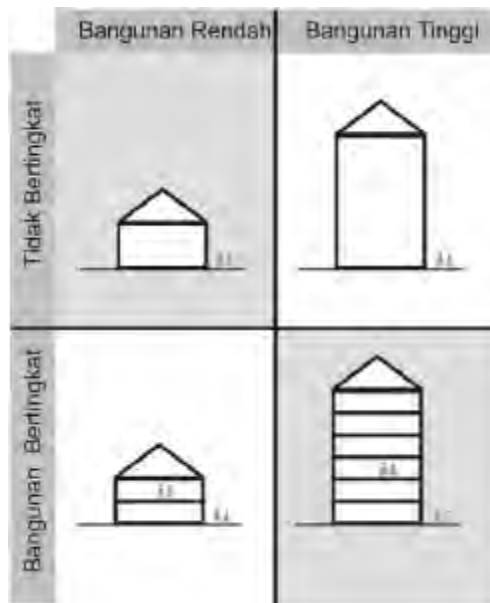
1. Menjadi referensi rancangan sistem lantai beton pracetak integral yang praktis, cepat, dan ekonomis pada gedung beton pracetak dalam berbagai zona gempa di Indonesia.
2. Menjadi rujukan untuk peneliti selanjutnya dalam pengembangan teknologi beton pracetak untuk gedung.
3. Menjadi referensi pengembangan industri pabrikasi terintegrasi pada infrastruktur beton pracetak untuk percepatan pembangunan dan ekonomi di Indonesia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gedung Bertingkat Tahan Gempa

Menurut UU No. 28 Tahun 2002, bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial.



Gambar 2.1. Jenis Bangunan Berdasarkan Ketinggian dan Jumlah Lantai

Bangunan bertingkat adalah bangunan yang mempunyai lebih dari satu lantai secara vertikal. Bangunan bertingkat ini dibangun berdasarkan keterbatasan tanah yang mahal di perkotaan dan tingginya tingkat permintaan ruang untuk berbagai macam kegiatan. Berdasarkan ketinggian, bangunan dengan ketinggian di

atas 40 meter digolongkan ke dalam bangunan tinggi karena perhitungan strukturnya lebih kompleks (Supriatna, 2010).

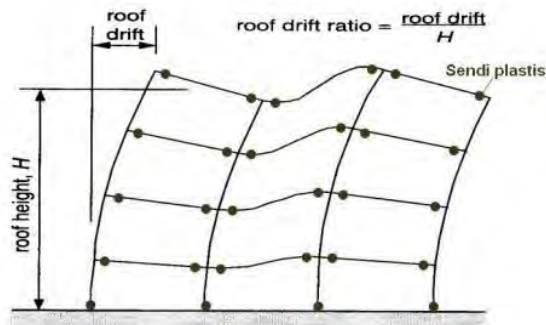
Perencanaan bangunan gedung bertingkat yang tidak dilakukan dengan benar dapat mengancam keselamatan manusia, terutama ketika terjadi bencana gempa bumi. Gempa bumi bukan bencana yang mematikan, tapi bangunan buruklah yang membunuh manusia. Pada daerah pemukiman yang cukup padat, perlu adanya suatu perlindungan untuk mengurangi angka kematian penduduk dan kerusakan berat akibat goncangan gempa. Dengan menggunakan prinsip teknik yang benar, detail konstruksi yang baik dan praktis maka kerugian harta benda dan jiwa manusia dapat dikurangi (Riza, 2011).

Untuk memenuhi konstruksi bangunan yang memiliki performa yang cukup dan aman ketika gempa kuat terjadi, *Federal Emergency Management Agency* (2010) memberikan beberapa karakteristik berikut yang harus dipenuhi:

- Pondasi stabil, yang mampu menahan beban guling primersi gempa dan mentransfer beban lateral gempa yang besar antara struktur dan tanah.
- Penyaluran beban yang menerus, dengan memastikan semua komponen bangunan saling terikat sehingga tidak ada komponen yang rusak atau lepas ketika terjadi gempa.
- Kekuatan dan kekakuan, yang mampu menahan beban lateral gempa tanpa menimbulkan *displacement* horizontal yang besar pada struktur.
- Keteraturan struktur, meliputi distribusi massa, kekuatan dan kekakuan sehingga pergerakan lateral pada setiap lantai hampir sama ketika gempa terjadi untuk menghindari adanya pemusatan beban hanya pada titik-titik tertentu.
- Pemborosan struktur, sehingga banyak elemen turut memberikan kekuatan residu pada struktur ketika sejumlah elemen rusak untuk mencegah keruntuhan total.
- Daktilitas yang sesuai, yaitu kemampuan elemen struktur untuk tetap menahan beban tanpa runtuh ketika mengalami kerusakan akibat beban berlebihan.

Untuk daktilitas struktur, tiap negara mempunyai desain sendiri dalam merencanakan tingkat daktilitas untuk keamanan bangunan yang mereka bangun, hal ini tergantung dari letak geologi negara masing-masing. Berikut ini adalah macam-macam tingkat daktilitas berdasarkan Eurocode 8 (EC8) beserta kondisi yang ditimbulkan :

- a. Daktilitas 1 : Keadaan elastis, konsep ini menerapkan pemasangan tulangan dalam jumlah besar untuk membuat bangunan menjadi kaku (*full elastic*). Contoh penerapannya banyak dilakukan pada bangunan-bangunan di Jepang. Konsekuensinya, saat gempa melebihi rencana, maka gedung akan langsung roboh tanpa memberi tanda (peringatan) terlebih dahulu.
- b. Daktilitas 2 : Keadaan Plastis (*intermediate*), yaitu keadaan struktur di antara keadaan elastis penuh dan daktil penuh.
- c. Daktilitas 3 : Keadaan plastis dengan struktur yang daktil penuh. Tingkat daktilitas ini yang menjadi dasar perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia, yaitu salah satunya dengan konsep “*strong column weak beam*” yang memperkuat kolom dan membentuk sendi plastis di balok, sehingga saat terjadi gempa, akan ada peringatan terlebih dahulu dan memberikan kesempatan orang-orang dalam gedung untuk menyelamatkan diri.



Gambar 2.2. Konstruksi Bangunan dengan Sendi Plastis.

2.2. Metode Perencanaan Struktur Gedung

Perencanaan gedung bertingkat harus meninjau beberapa kriteria, yaitu 3S: *strength*, *stiffness*, dan *serviceability*. Analisis struktur gedung bertingkat dapat dilakukan dengan komputer berbasis elemen hingga (*finite element*), misalnya: SAP (*Structure Analysis Program*) atau ETABS (*Extended 3D Analysis Building Systems*). Konsep perancangan konstruksi didasarkan pada Desain Kapasitas (*Capacity Design*) sehingga mempunyai daktilitas cukup untuk menyerap energi gempa sesuai peraturan yang berlaku. Berbagai macam kombinasi pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa dihitung dengan pemodelan struktur 3-D (*space-frame*) (Setiawan, 2009).

Negara Indonesia menerapkan 3 sistem struktur tahan gempa, yang diatur persyaratannya dalam SNI 2847-2013 pasal 21, yaitu:

- 1) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), yang digunakan pada struktur gedung yang masuk di zona gempa rendah.
- 2) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), yang digunakan pada struktur gedung yang masuk di zona gempa sedang.
- 3) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang digunakan pada struktur gedung yang masuk di zona gempa tinggi atau diterapkan pada perencanaan *high rise building*.

2.2.1. Peraturan dan standar perencanaan

Peraturan dan standar perencanaan yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung antara lain:

- 1) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013) atau ACI 318-14.
- 2) Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013) atau ASCE 7-10.
- 3) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012).

2.2.2. Perencanaan elemen struktur

1) Perencanaan pelat

- a. Penentuan dimensi pelat :
 - Pelat 1 arah : SNI 2847-2013 pasal 9.5.2 Tabel 9.5(a)
 - Pelat 2 arah : SNI 2847-2013 pasal 9.5.3 Tabel 9.5(b)
- b. Menganalisa gaya-gaya yang terjadi pada pelat, digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971 tabel 13.3.1 dan tabel 13.3.2)
- c. Penulangan lentur:
 - Pelat 1 arah: SNI 2847-2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3.
 - Pelat 2 arah: SNI 2847-2013 pasal 13.6 atau pasal 13.7.

2) Perencanaan Balok

- Penentuan dimensi balok: SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.1 Tabel 9.5(a).
- Penulangan lentur : SNI 2847-2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3
- Penulangan geser: SNI 2847-2013 pasal 11.4.
- Penulangan torsi : SNI 2847-2013 pasal.11.5.3.

3) Perencanaan Kolom:

- Penentuan dimensi kolom: SNI 2847-2013 pasal 10.3.5.
- Kapasitas aksial desain: SNI 2847-2013 pasal 10.3.6.
- Penulangan lentur : menggunakan metode interaksi kolom sesuai asumsi desain pada SNI 2847-2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3.
- Penulangan geser: SNI 2847-2013 pasal 11.4.

4) Analisa struktur bawah

- Perhitungan poer,
- Perhitungan pondasi tiang pancang,
- Perhitungan sloof.

2.2.3. Jenis beban

1) Beban mati (*Dead load*)

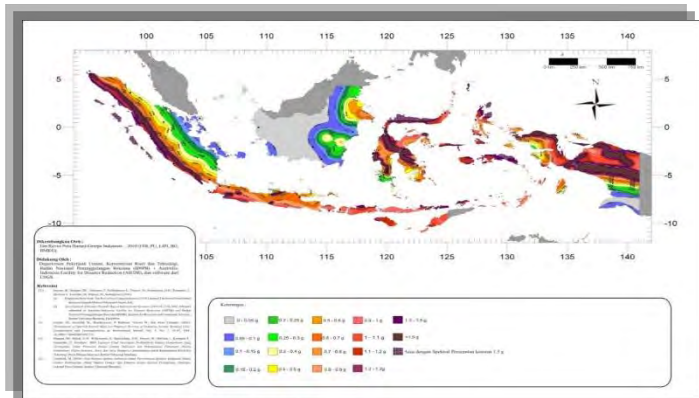
Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain sesuai Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013).

2) Beban hidup (*Live load*)

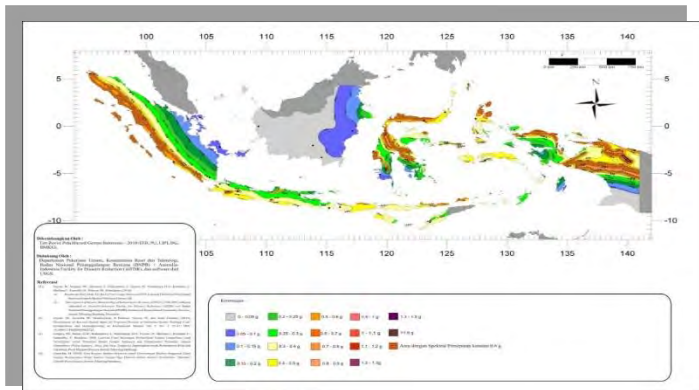
Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktural lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. Beban hidup terdistribusi merata minimum dan beban hidup terpusat minimum berdasarkan jenis hunian atau penggunaan diatur dalam SNI 1727-2013 pasal 4 tabel 4-1.

3) Beban gempa (*Earthquake*)

Pada SNI 03-1726-2012, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar dua persen atau gempa dengan periode ulang 2.500 tahun yang merupakan gempa maksimum yang mempertimbangkan resiko tertarget (Maximum Considered Earthquake Targeted Risk/MCER). Percepatan batuan dasar gempa tersebut direpresentasikan dengan harga S_s dan S_1 yang kemudian digunakan untuk perhitungan beban gempa selanjutnya yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3. Peta untuk Menentukan Harga Ss.



Gambar 2.4. Peta untuk Menentukan Harga S1.

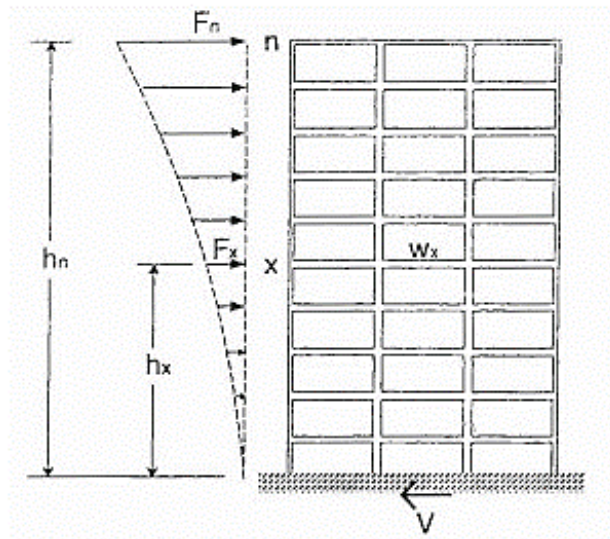
Ketentuan lain yang digunakan sebagai dasar perhitungan adalah:

- Kategori risiko struktur bangunan: SNI 1726-2012 tabel 1.
- Faktor keutamaan gempa (I_e): SNI 1726-2012 tabel 2.
- Kategori desain seismik: SNI 1726-2012 tabel 6 dan tabel 7.
- Nilai R , C_d , dan Ω_0 (berdasarkan sistem struktur): SNI 1726-2012 tabel 9.

Analisis terhadap beban gempa dapat menggunakan metode statik ekuivalen maupun dinamik (*response spectrum*), yaitu sebagai berikut:

a. Metode Statik Ekuivalen:

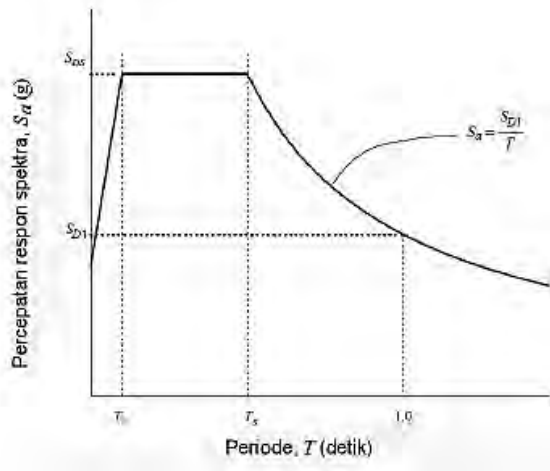
Dalam metode statik ekuivalen, gaya gempa dianggap sebagai beban lateral luar yang bekerja pada struktur atas gedung. Beban ini berasal dari gaya geser dasar total akibat gempa (V) yang didistribusikan inelastik pada setiap lantai gedung sesuai dengan proporsi tinggi lantai dan berat lantai yang bersangkutan sebagai beban titik. Namun metode ini hanya dapat diterapkan pada struktur gedung yang beraturan. Prosedur metode statik ekuivalen ini diatur dalam SNI 1726-2012 pasal 7.8.



Gambar 2.5. Analisis Gempa Statik Ekuivalen.

b. Metode Dinamik (*Response Spectrum*)

Metode dinamik respon spektrum menggunakan plot grafik nilai respon struktur maksimum (seperti lendutan, kecepatan dan percepatan) terhadap fungsi beban percepatan tanah akibat gempa. Dalam metode ini perlu diperhatikan juga waktu getar alami fundamental struktur (T), massa struktur, dan faktor pengali (I_g/R). Metode ini dapat digunakan baik pada struktur beraturan maupun tidak. Program bantu berbasis elemen hingga digunakan dalam analisa metode dinamik respon spektrum ini. Prosedur metode dinamik respon spektrum ini diatur dalam SNI 1726-2012 pasal 7.9.

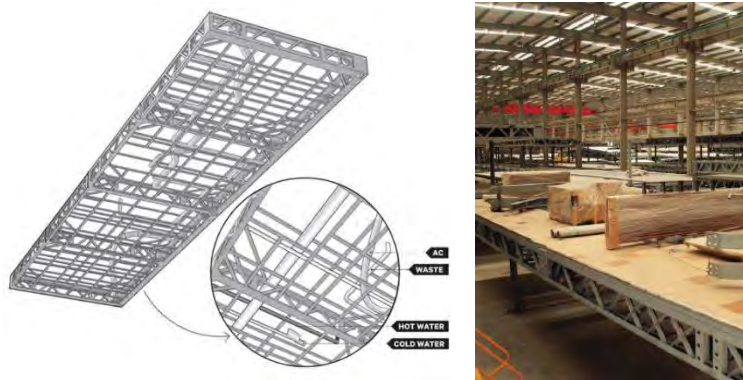


Gambar 2.6. Spektrum Respons Desain.

2.3. Sistem Lantai Integral

Bangunan tinggi selalu membutuhkan waktu pembangunan yang cukup lama, yang berdampak luas pada industri bangunan hingga penggunaan lahan yang sia-sia. Pembatasan konsumsi energi ketika pembangunan gedung yang masif juga menjadi tantangan yang harus segera diselesaikan. Dalam menjawab

tantangan tersebut, BROAD Group menginisiasi teknologi Broad Sustainable Building (BSB), metode konstruksi pabrikasi yang mengadopsi teknologi perancangan modular yang mereduksi secara signifikan pemborosan yang terjadi ketika proses konstruksi, termasuk salah satunya yaitu Sistem Lantai Integral (CTUBH, 2013).



Gambar 2.7. Sistem rangka dan sirkulasi udara Sistem Lantai Integral (kiri) serta pabrikasi Sistem Lantai Integral (kanan) oleh BROAD Group.

Sistem Lantai Integral yang dikembangkan oleh BROAD Group adalah modular lantai yang tersusun dari pelat lantai dan balok dari rangka baja yang juga telah dilengkapi dengan sistem sirkulasi udara, mekanikal-elektrikal, drainase, serta finishing. Modular lantai tersebut dihubungkan dengan kolom dan antar elemennya menggunakan baut mutu tinggi di lapangan. Sistem ini memungkinkan perakitan, pembongkaran, dan perawatan yang mudah, dengan tetap memperhatikan kekuatan. Setiap modular lantai berukuran 260x2000x12000 dan 560x4000x12000 tergantung dari kebutuhan konsumen. (BSB, 2013).



Gambar 2.8. Proses perakitan Sistem Lantai Integral di lapangan (kiri) dan contoh implementasi teknologi BSB pada gedung 57 lantai J57 di Tiongkok (kanan).

Sistem Lantai Integral dari teknologi BSB mengubah proses konstruksi yang sebelumnya bersifat sangat luas menjadi proses yang ringkas dan berkelanjutan. Hanya sepuluh persen waktu pengerjaan yang dilakukan di lapangan, sisanya dilakukan dalam kondisi yang terkontrol di dalam pabrik. Tidak seperti konstruksi di lapangan, di pabrik tidak ada resiko kebakaran, polusi air dan debu, bau yang berbahaya, dan pemborosan konstruksi. Di lapangan, pekerja hanya perlu mengerekasi modular lantai, mengencangkan baut, dan memasang partisi. Tidak ada pemotongan dan pengelasan yang dibutuhkan sehingga mereduksi kebutuhan waktu, serta mengurangi gangguan suara dan lalu lintas pada lingkungan sekitar. Tidak hanya polusi lingkungan yang direduksi, kualitas konstruksi dan produktivitas juga ditingkatkan, serta biaya total konstruksi yang rendah juga akan sangat berdampak pada masa depan bangunan tinggi (BSB, 2013).

Teknologi ini dengan sukses telah diimplementasikan pada proyek-proyek berikut:

- Gedung 12 lantai di Shangdong, Tiongkok dibangun dalam waktu 62 jam.
- Ark Hotel, gedung 15 lantai dibangun dalam waktu 48 jam.
- Z15, gedung 17 lantai dibangun dalam waktu 2 hari.
- T25, gedung 25 lantai dibangun dalam waktu 17 hari.

- T-30, gedung 30 lantai seharga \$1000/m² dibangun dalam waktu 15 hari.
- J57, gedung multifungsi 57 lantai dibangun dalam 19 hari.

BROAD Group juga berambisi untuk membangun gedung tertinggi di dunia (838 meter) menggunakan teknologi BSB hanya dengan waktu 9 bulan.

2.4. Beton Pracetak

Beton pracetak adalah beton yang diproduksi dalam bentuk yang spesifik di lokasi selain posisi layan elemen tersebut. Beton tersebut dibentuk didalam cetakan dari kayu atau baja dan dirawat sebelum kemudian dilepas dari cetakan pada waktu tertentu. Komponen pracetak kemudian dipindahkan menuju lokasi konstruksi dan diereksi menuju posisi layannya. Jenis komponen beton pracetak yang biasa diproduksi antara lain: panel dinding, balok dobel-T, pelat lantai hollow, kolom dan balok, komponen jembatan, dan lain-lain (PCI, 2007).

Keuntungan dari sistem beton pracetak antara lain:

- ✓ Kecepatan konstruksi tinggi
- ✓ Fleksibilitas desain dan estetika baik
- ✓ Durabilitas lebih baik
- ✓ Efisiensi energi
- ✓ Ramah lingkungan
- ✓ Kualitas tinggi dan terkontrol

2.4.1. Balok beton pracetak

Balok adalah komponen struktur yang mampu menahan beban terutama dengan kemampuan lenturnya. Komponen ini menahan elemen penahan bantuan lainnya seperti dobel T, pelat lantai berongga, pelat lantai solid, dan terkadang balok lainnya. Balok pracetak biasa dibuat ke dalam berbagai bentuk, termasuk persegi panjang, T terbalik, dan L. Balok dapat diperkuat dengan tulangan maupun tendon pratekan, yang akan mempengaruhi bentang, kondisi pembebanan, dan metode produksi yang dikehendaki produsen (PCI, 2007).

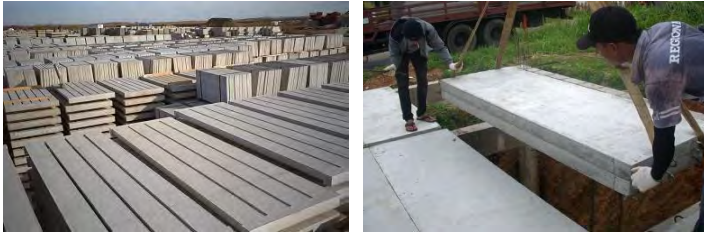


Gambar 2.9. Berbagai Jenis Balok Beton Pracetak.

2.4.2. Pelat beton pracetak

Pelat beton adalah komponen struktur yang sering digunakan untuk lantai dan langit-langit. Di bangunan gedung tingkat tinggi, pelat lantai beton yang tipis digunakan pada struktur rangka gedung untuk membentuk lantai dan langit-langit di setiap tingkat. Dalam perencanaan, pelat lantai dikategorikan dalam pelat satu arah dan pelat dua arah. Pelat satu arah hanya perlu penulangan lentur kedalam satu arah saja, sedangkan pelat dua arah perlu penulangan lentur ke dalam dua arah. Jika panjang dibagi lebar pelat kurang dari dua, maka pelat digolongkan pelat satu arah, dan juga sebaliknya. Pelat beton pracetak biasanya dicetak menggunakan cetakan yang sangat panjang, yang membentuk pelat dengan memberi pengisi yang nantinya dilepas setelah beton keras. Pelat kemudian dipotong sesuai panjang yang dibutuhkan. Pelat beton pracetak dapat dibuat dengan fasilitas pratekan yang panjang maupun dibuat satu per satu baik menggunakan perkuatan pratekan maupun tulangan biasa. (PCI, 2007).

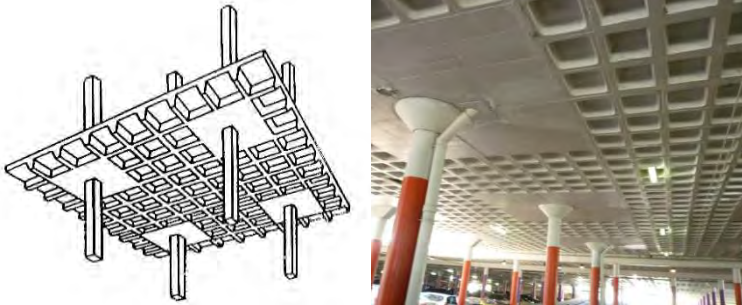
Pelat beton pracetak dapat dibuat pejal maupun berongga. Pelat beton pejal dapat dibuat menggunakan material beton ringan untuk mengurangi berat sendiri pelat tersebut. Ketebalan pelat beton pracetak pejal berkisar antara 10-15cm dan hanya efektif digunakan pada bentang pendek hingga 5m (SCI, 2007).



Gambar 2.10. Pelat Lantai Beton Pracetak Pejal dan Pengerjaannya.

Pelat Rusuk/Waffle

Waffle Slab adalah tipe pelat lantai yang diberi rusuk dua arah untuk menambah kekuatan dan kekakuan pada arah pemasangannya. Sistem lantai ini mempunyai balok-balok yang saling bersilangan dengan jarak yang relative rapat, dengan pelat atas yang tipis. Keuntungan menggunakan waffle slab antara lain yaitu fleksibel, relative ringan, kecepatan konstruksi, tebal pelat lantai lebih tipis dibandingkan pelat lantai konvensional, kontrol vibrasi yang sangat baik, tahan lama, dan tahan api seperti beton pada umumnya.



Gambar 2.11. Sistem Pelat Rusuk/Waffle.

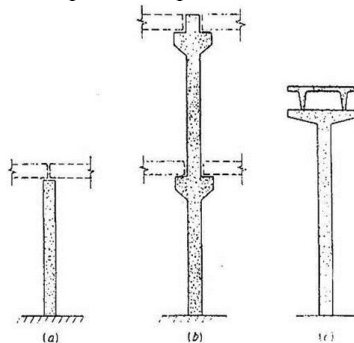
2.4.3. Kolom pracetak

Kolom pracetak adalah kolom yang menggunakan beton bertulang yang dibuat atau dicetak di pabrik atau di tempat lain dan jadi sebelum dipasang. Alasan menggunakan kolom pracetak apabila bangunan ingin cepat dilaksanakan, *site* sempit, serta tuntutan mutu dan presisi. Ketika menggunakan beton mutu tinggi, penulangan dapat dikurangi. Ereksi kolom pracetak tidak menimbulkan polusi suara sehingga dapat dikerjakan baik di siang hari maupun di malam hari. Kolom pracetak dapat didesain dan diproduksi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan dapat menggabungkan fitur tambahan dan penyesuaian lain.

Kolom pracetak biasanya setinggi gedung satu lantai atau dua lantai. Untuk metode penyambungan dengan pondasi dan dengan kolom di atasnya memiliki banyak variasi tergantung tempat produksinya.

Kolom pracetak dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

- *Simple Prismatic Columns*; kolom ini biasanya hanya digunakan pada bangunan satu tingkat dimana balok diletakkan di atas kolom.
- *Bearing Columns*; kolom ini memiliki penompang untuk meletakkan balok.
- *T Columns*; biasanya digunakan untuk menyokong langsung lantai *double T* tanpa balok perantara.

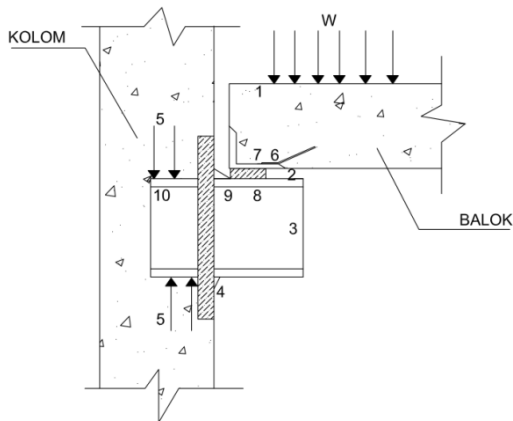


Gambar 2.12. Kolom Pracetak (a) *Simple Prismatic Columns* (b) *Bearing Columns* dan (c) *T Columns*

2.5. Sambungan Pracetak

2.5.1. Mekanisme pemindahan beban

Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan, beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam. Untuk menjelaskan mekanisme pemindahan beban, diambil contoh seperti gambar di bawah dimana pemindahan beban diteruskan ke kolom dengan melalui tahap sebagai berikut:



Gambar 2.13. Mekanisme Pemindahan Beban

- 1) Beban diserap pelat dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser
- 2) Perletakan ke *haunch* melalui gaya tekan *pads*
- 3) *Haunch* menyerap gaya vertikal dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.
- 4) Gaya geser vertikal dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las.
- 5) Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam.

Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Balok beton ke tulangan dengan lekatan / ikatan.
- 2) Tulangan baja siku di ujung balok diikat dengan las.
- 3) Baja siku di ujung balok ke *haunch* melalui gesekan di atas dan di bawah *bearing pads*. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada *pads*.
- 4) Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
- 5) Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh *stud* ke kolom beton melalui ikatan / lekatan.

2.5.2. Klasifikasi sistem dan sambungannya

Sistem pracetak didefinisikan dalam dua kategori yaitu lokasi penyambungan dan jenis alat penyambungan :

1. Lokasi penyambungan

Portal daktail dapat dibagi sesuai dengan letak penyambung dan lokasi yang diharapkan terjadi pelelehan atau tempat sendi daktailnya. Simbol-simbol di bawah ini digunakan untuk mengidentifikasi perilaku dan karakteristik pelaksanaannya.

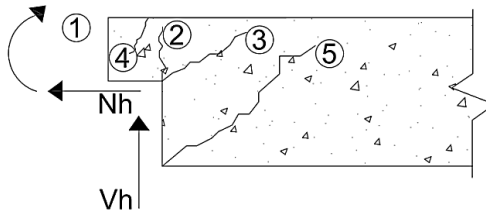
- *Strong*, sambungan elemen-elemen pracetak yang kuat dan tidak akan leleh akibat gempa-gempa yang besar.
- *Sendi*, sambungan elemen-elemen pracetak bila dilihat dari momen akibat beban lateral gempa dapat bersifat sebagai sendi.
- *Daktail*, sambungan elemen-elemen pracetak yang daktail dan berfungsi sebagai pemancar energi.
- Lokasi sendi plastis

2. Jenis alat penyambung

- *Shell pracetak* dengan bagian intinya di cor setempat
- *Cold joint* yang diberi tulangan biasa
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint *digROUT*.
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint tidak *digROUT*.
- Sambungan-sambungan mekanik

2.5.3. Pola-pola kehancuran

Sebagian perencanaan diharuskan untuk menguji masing masing pola-pola kehancuran. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata. Contoh kehancuran untuk sambungan sederhana dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.14. Model Keruntuhan

PCI desain handbook memberikan 5 pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan *dapped-end* dari balok yaitu sebagai berikut:

- 1) lentur dan gaya tarik aksial pada ujung
- 2) Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung
- 3) Geser langsung antar tonjolan dengan bagian utama balok
- 4) Tarik diagonal pada ujung akhir
- 5) Perletakan pada ujung atau tonjolan

2.5.4. Aturan yang Berlaku

Dalam SNI 2847-2013 diatur berbagai persyaratan untuk beton pracetak untuk sistem rangka momen pemikul momen khusus terutama terkait dalam hal sambungan, yaitu sebagai berikut:

Analisa struktur pada sambungan

Perencanaan sambungan pada beton pracetak harus memenuhi aturan yang disyaratkan pada SNI 03-2847-2013 pasal 21.8 yaitu sebagai berikut:

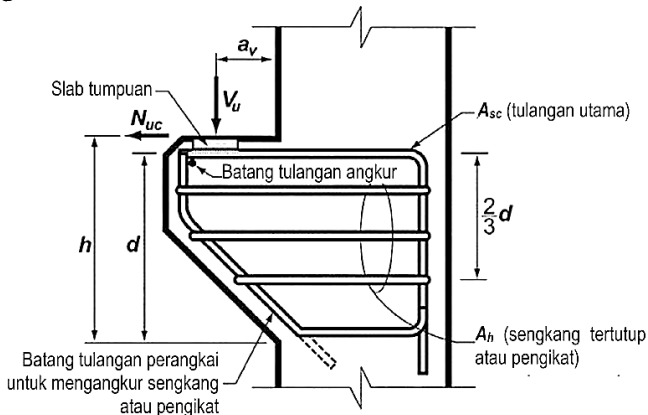
- 1) Sambungan beton pracetak harus memenuhi semua persyaratan untuk rangka momen khusus yang dibangun

dengan beton cor di tempat, ditambah persyaratan yang dijelaskan pada pasal 21.8.

- 2) V_n untuk sambungan yang dihitung tidak boleh kurang dari $2V_e$, dimana V_e dihitung menurut persyaratan SRPMK.
- 3) Kekuatan desain sambungan kekuatan, ϕS_n , tidak boleh kurang dari S_e .
- 4) Untuk sambungan kolom ke kolom, ϕS_n tidak boleh kurang dari $1,4S_e$. Pada sambungan kolom ke kolom, ϕM_n tidak boleh kurang dari $0,4M_{pr}$ untuk kolom dalam tinggi tingkat, dan ϕV_n sambungan tidak boleh kurang dari V_e yang disyaratkan SRPMK.

Konsol atau korbel

Perencanaan konsol pada kolom tersebut mengikuti persyaratanyang diatur dalam SNI 2847-2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar 8.3 berikut ini:



Gambar 2.15. Geometrik konsol pendek

Ketentuan SNI 2847 – 2013 pasal 11.8 tentang perencanaan konsol pendek yang diatur sebagai berikut :

- 1) Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi a_v/d tidak lebih besar dari satu, dan dikenai

gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc} , tidak lebih besar daripada V_u . Tinggi efektif d harus ditentukan di muka tumpuan

- 2) Tinggi di tepi luar luas tumpuan tidak boleh kurang dari $0,5d$
- 3) Penampang di muka tumpuan harus didesain untuk menahan secara bersamaan V_u , suatu momen terfaktor $V_{ua}a_v + N_{uc}(h-d)$, dan gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc}
 - a. Dalam semua perhitungan desain yang sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2013 pasal 11.8, ϕ harus diambil sama dengan 0,75
 - b. Desain tulangan geser-friksi A_{vf} untuk menahan V_u harus sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 201X pasal 11.6:
 - i. Untuk beton berat normal, V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,2f_c b_w d$, $(3,3+0,08f_c)b_w d$, dan $11b_w d$.
 - ii. Tulangan A_f untuk menahan terfaktor $[V_u a_v + N_{uc}(h-d)]$ harus dihitung menurut SNI 03 – 2847 – 201X pasal 10.2 dan pasal 10.3
 - iii. Tulangan A_n untuk menahan gaya Tarik terfaktor N_{uc} harus ditentukan dari $\phi A_n f_y \geq N_{uc}$. Gaya tarik terfaktor, N_{uc} tidak boleh diambil kurang dari $0,2V_u$ kecuali bila ketentuan dibuat untuk menghindari gaya Tarik. N_{uc} harus dianggap sebagai beban hidup bahkan bilamana Tarik yang dihasilkan dari kekangan rangkai, susut, atau perubahan suhu.
 - iv. Luas tulangan Tarik utama A_{sc} tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari $(A_f + A_n)$ dan $\left(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n\right)$
- 4) Luas total A_h , sengkang tertutup atau pengikat parallel terhadap tulangan Tarik utama tidak boleh kurang dari $0,5(A_{sc} - A_n)$, Distribusikan A_h secara merata dalam $(2/3)d$ bersebelahan dengan tulangan tarik utama
- 5) $\frac{A_{sc}}{b d}$ tidak boleh kurang dari $0,04 \frac{f_c}{f_y}$

- 6) Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama A_s harus diangkur dengan salah satu dari berikut :
 - a. Dengan las struktur pada batang tulangan transversal dengan sedikit berukuran sama; las didesain untuk mengembangkan f_y tulangan Tarik utama
 - b. Dengan pembengkokan tulangan tarik utama menjadi bentuk tertutup horizontal
 - c. Dengan suatu cara pengangkurkan baik lainnya
- 7) Luas tumpuan pada konsol pendek tidak boleh menonjol melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama A_s , ataupun menonjol melampaui muka dalam dari batang tulangan angkur transversal (bila batang tulangan tersebut disediakan)

Sambungan Mekanis

Dalam SNI 2847-2013 pasal 21.1.6 mengenai sambungan mekanis pada rangka momen khusus dan dinding struktur khusus, dituliskan bahwa:

- 21.1.6.1 Sambungan mekanis harus diklarifikasikan sebagai salah satu dari sambungan mekanis Tipe 1 atau Tipe 2, sebagai berikut:
 - a) Sambungan mekanis Tipe 1 harus memenuhi 12.14.3.2;
 - b) Sambungan mekanis Tipe 2 harus memenuhi 12.14.3.2 dan harus mengembangkan kekuatan tarik yang ditetapkan dari batang tulangan yang disambung.
- 21.1.6.2 Sambungan mekanis Tipe 1 tidak boleh digunakan dalam jarak sama dengan dua kali tinggi komponen struktur dari muka kolom atau balok untuk rangka momen khusus atau dari penampang dimana pelelehan tulangan sepertinya terjadi akibat perpindahan lateral inelastis. Sambungan mekanis Tipe 2 diizinkan untuk digunakan pada sembarang lokasi.

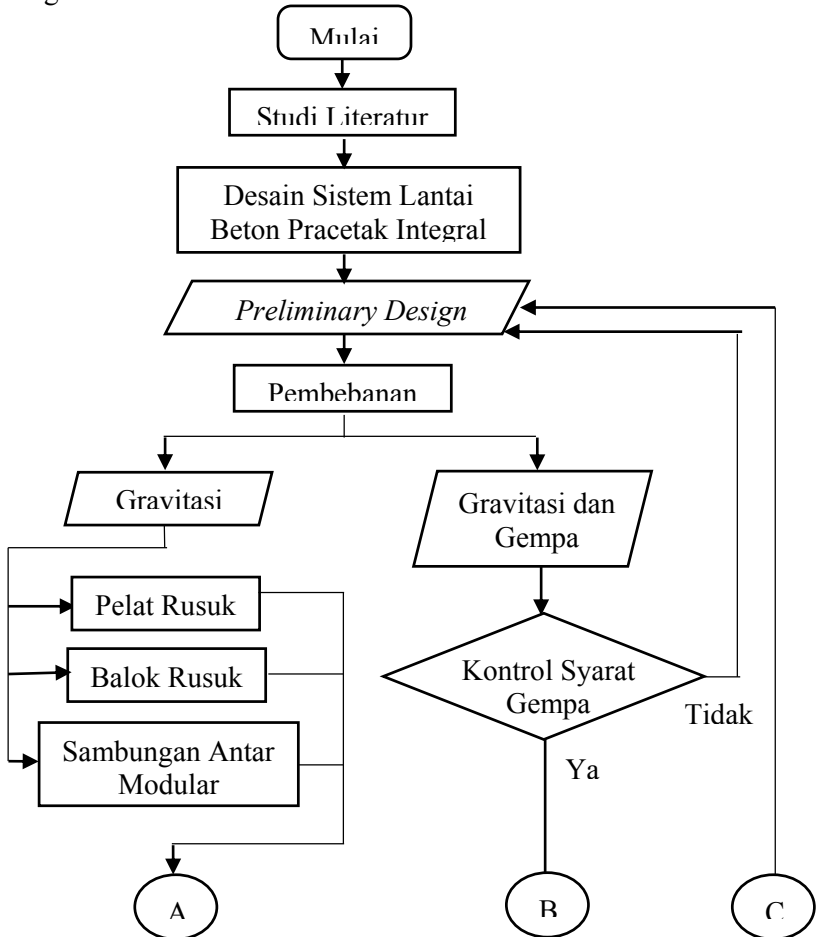
dimana dalam pasal 12.14.3.2 dituliskan bahwa suatu sambungan mekanis penuh harus mengembangkan tarik atau tekan seperti yang disyaratkan, paling sedikit $1,25f_y$ batang tulangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

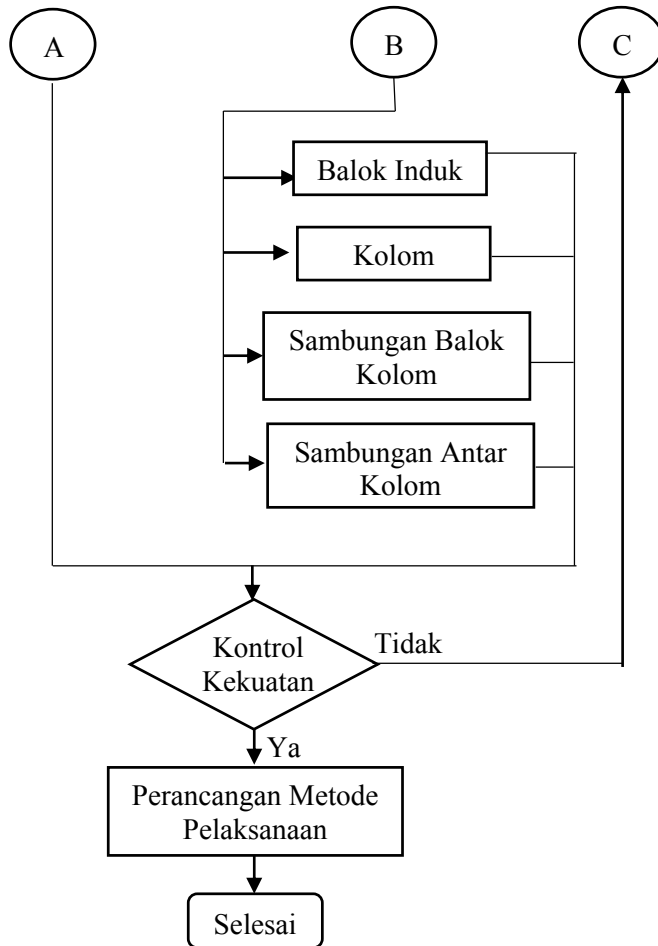
BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Penelitian

Langkah penelitian dalam tugas akhir ini ditunjukkan pada diagram alir Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Desain dan Perancangan.



Gambar 3.2. Diagram Alir Desain dan Perancangan (lanjutan).

3.2. Studi Literatur

Studi literatur berisi serangkaian kegiatan pencarian dan pengkajian sumber-sumber yang relevan dan terpercaya dalam pengumpulan materi yang menjadi pakem atau acuan dalam

penelitian ini. Literatur yang digunakan dititikberatkan pada buku-buku dan jurnal ilmiah mengenai materi berikut:

- Sistem lantai integral, meliputi elemen struktur, finishing, serta utilitas
- Beton pracetak, khususnya elemen balok dan pelat lantai bangunan gedung
- Sistem sambungan kering, khususnya pada hubungan balok kolom, balok dengan pelat lantai, antar pelat lantai, dan antar kolom
- Metode perencanaan dan analisa struktur bangunan gedung tahan gempa, elemen beton struktural, dan sambungan kering
- Metode pelaksanaan beton pracetak dengan sambungan kering untuk bangunan gedung
- Standar yang digunakan, meliputi:
 - SNI 1727-2013 : Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung
 - SNI 1726-2012 : Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung
 - SNI 2847-2013 : Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung

3.3. Desain Sistem Lantai Beton Pracetak Integral

Sistem lantai beton pracetak integral didesain mengacu pada elemen struktur dan sambungan yang telah lazim digunakan hingga memenuhi kriteria berikut:

- Balok, pelat lantai, sambungan kering antar elemen, utilitas, serta utilitas seluruhnya menjadi satu kesatuan modular beton pracetak.
- Elemen struktur dan sambungan pada modular tersebut memiliki kekuatan yang cukup dalam menahan beban mobilisasi, beban layan, serta beban gempa.
- Sistem sambungan kering yang digunakan memungkinkan perakitan modular dilakukan dengan praktis dan cepat.

3.4. Analisis Struktur

Penelitian ini menggunakan studi kasus perencanaan ulang bangunan gedung dengan menggunakan sistem lantai beton pracetak integral. Studi kasus yang digunakan yaitu bangunan gedung Hotel Tower T30A di Hunan, Tiongkok. Gedung tersebut menggunakan sistem lantai baja integral dan dibangun dalam waktu hanya 15 hari. Perencanaan ulang gedung tersebut dengan tahapan sebagai berikut:

1. Preliminary Design

Dimensi awal elemen struktural gedung direncanakan menggunakan persamaan-persamaan sesuai standar yang ada.

2. Pembebanan

Besar dan kombinasi beban yang digunakan mengacu pada SNI 1726-2013 tentang “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain”. Besar dan kombinasi beban gempa yang digunakan mengacu pada SNI 1726-2012 tentang “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung”. Elemen struktur sekunder menahan beban gravitasi saja, meliputi:

- Pelat rusuk/waffle
- Balok rusuk
- Sambungan antar lantai integral

Sedangkan elemen struktur primer menahan beban gravitasi dan gempa, meliputi:

- Balok induk pada lantai integral
- Kolom
- Hubungan Balok Kolom (HBK)
- Sambungan antar kolom

3. Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan untuk mendapatkan gaya dalam yang kemudian digunakan untuk merancang elemen dan sambungan modular beton pracetak integral. Gaya dalam akibat beban gravitasi pada elemen struktur

sekunder didapatkan melalui analisa mekanika dan bahan sesuai standar yang ada. Sedangkan gaya dalam pada elemen struktur primer akibat kombinasi beban gravitasi dan gempa didapatkan dengan program bantu SAP2000 dan ETABS.

4. Kontrol Persyaratan

Hasil analisis struktur bangunan gedung dikontrol terhadap persyaratan bangunan tahan gempa sesuai SNI 1726-2012, meliputi persyaratan:

- Kontrol beban gravitasi
- Jumlah ragam partisipasi massa
- Geser dasar seismik (V)
- Koefisien respon seismik (C_s)
- Periode waktu getar alami fundamental (T)
- Simpangan antar lantai (Δ)

Hasil rancangan elemen dan sambungan pada modular beton pracetak integral dikontrol kekuatannya terhadap gaya dalam akibat beban-beban yang ada sesuai standar yang berlaku.

3.5. Perencanaan Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan dari sistem lantai beton pracetak integral yang direncanakan meliputi:

- Metode pabrikasi modular di industri
- Metode mobilisasi modular dari industri pabrikasi menuju lokasi pembangunan gedung
- Metode ereksi modular menuju posisi perakitan
- Metode perakitan modular
- Metode perawatan modular

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

KONSEP SISTEM LANTAI BETON PRACETAK INTEGRAL

4.1. Overview Konsep Ide

Sistem lantai beton pracetak integral merupakan sebuah konsep bangunan gedung dengan sistem fabrikasi terintegrasi pada modular lantai yang memiliki keunggulan utama yaitu kecepatan pembangunan yang sangat tinggi dan desain yang cukup fleksibel untuk struktur pracetak. Inti konsep lantai beton pracetak integral yaitu mengintegrasikan komponen struktur lantai (balok induk, balok rusuk, dan pelat rusuk), utilitas (elektrikal, mekanikal, drainase), dan finishing ke dalam satu kesatuan modular sekaligus.

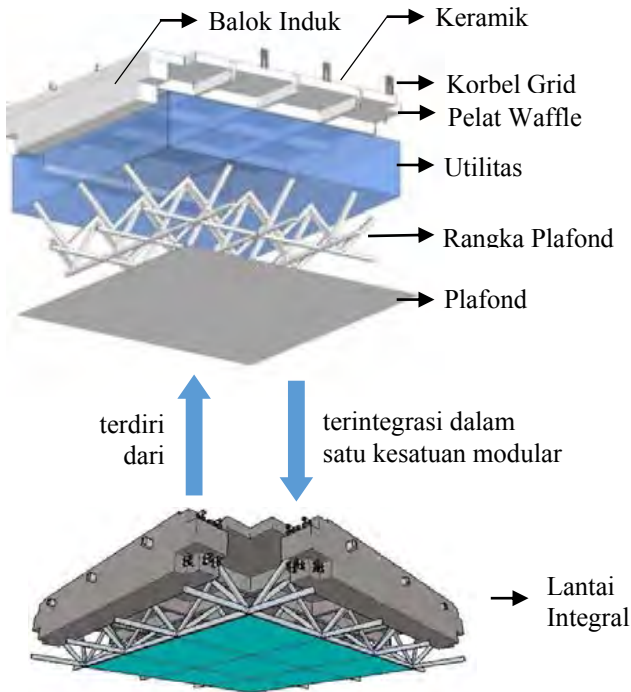
Sistem lantai beton pracetak integral menggunakan komponen yang dibuat di pabrik sehingga memiliki kualitas tinggi dan terkontrol. Berbagai inovasi pada struktur, material, sistem, dan teknologi bangunan dapat diterapkan pada sistem lantai beton pracetak integral untuk menjadikannya *sustainable building*. Sistem lantai beton pracetak integral diharapkan dapat menyajikan kepada investor atau konsumen produk bangunan yang murah, cepat, dan desain yang fleksibel untuk berbagai kebutuhan dan keinginan. Sistem lantai beton pracetak integral juga diharapkan mampu menjadi poros infrastruktur bangunan dan ekonomi lokal jika industri tersebut disebarakan ke lokasi-lokasi strategis di seluruh Indonesia.

Dibandingkan beton konvensional atau pracetak biasa, sistem lantai beton pracetak integral memiliki keunggulan antara lain:

- + Kecepatan pembangunan yang sangat tinggi pada struktur gedung bertingkat tinggi, karena memangkas sebagian besar pekerjaan utilitas dan finishing.
- + Kualitas yang tinggi dan terkontrol, karena modular dibuat secara pabrikasi.
- + Desain yang cukup fleksibel untuk struktur pracetak, karena modular yang universal untuk segala macam denah dan jumlah lantai dari 3 s/d 30 lantai. Perimeter gedung dapat

menggunakan kantilever dan fasad gedung dapat bebas menggunakan desain apapun asalkan menggunakan sistem sambungan yang sama ke struktur utama.

- + Biaya yang lebih ekonomis, walaupun memerlukan biaya material sambungan yang lebih tinggi, namun dapat ditutup dengan pemangkasan waktu pembangunan yang sangat besar.



Gambar 4.1. Komponen-komponen Terintegrasi pada Sistem Lantai Beton Pracetak Integral

Sedangkan kekurangan atau tantangan dalam sistem lantai beton pracetak integral antara lain:

- Memerlukan akurasi pabrikan dan pengerjaan yang sangat tinggi, karena toleransi dimensi pada modular dan sambungannya masih sangat minim.
- Memerlukan investasi industri untuk seluruh proses pembangunan proyek dengan skala proyek yang luas agar mencapai BEP.
- Memerlukan tenaga terlatih dalam pengerjaan di lapangan.
- Masih terbatas pada desain gedung konvensional, belum mendukung desain gedung unik dengan kebutuhan struktur khusus.

4.2. Konsep Modular Lantai Beton Pracetak Integral

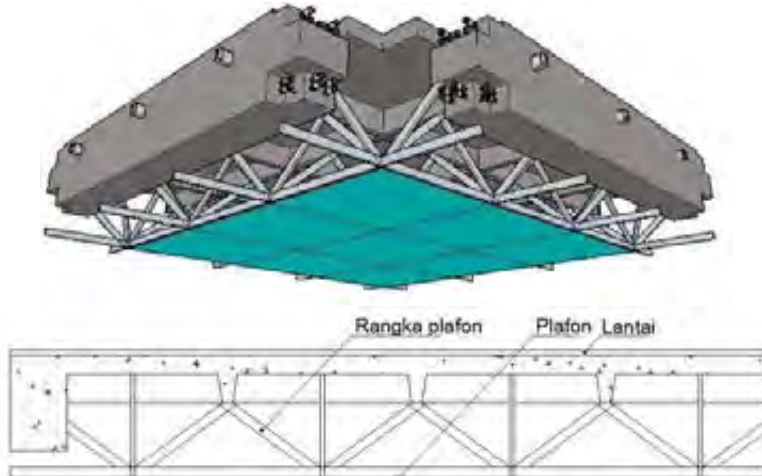
Berikut adalah konsep modular lantai beton pracetak integral:

- Dimensi lantai integral diambil 4x4 m karena memaksimalkan ruang dengan ukuran modular maksimum yang memenuhi persyaratan tinggi kendaraan dan muatan ketika transportasi.
- Pelat menggunakan pelat rusuk/waffle karena lebih kaku dari jenis struktur pelat yang lain. Struktur pelat yang lebih kaku digunakan agar dinding partisi bisa diletakkan di posisi manapun di atas pelat sehingga denah ruangan bisa sangat fleksibel. Selain itu kekakuan pelat diperlukan untuk menghindari terjadinya crack ketika pengangkatan.
- Balok primer hanya pada dua sisi, karena pada dua sisi lain akan ada balok primer dari modular lain.
- Balok pelengkap digunakan pada daerah yang hanya memerlukan balok induk.
- Terdapat tiga balok rusuk. Rentang balok rusuk setiap 3 meter diambil karena tidak terlalu rapat dan tidak terlalu renggang. Balok ini juga akan didesain menjadi penahan beban ketika ereksi.



Gambar 4.2. Perspektif Modular Lantai Integral

- Komponen utilitas antara lain mekanikal, elektrik, dan drainase. Komponen finishing antara lain keramik, rangka plafond, dan plafond.
- Rangka plafond berupa rangka diagonal dan grid horizontal diletakkan di bawah pelat rusuk. Grid horizontal rangka plafond berada 20 cm di bawah tepi bawah balok induk. Plafond berukuran 1x1 m diletakkan di bawah rangka plafond. Keramik dipasang di atas pelat rusuk.
- Seluruh komponen utilitas diletakkan di atas rangka plafond di bawah pelat rusuk. Komponen utilitas akan disambung antar modular ketika lantai integral telah pada posisi layan.

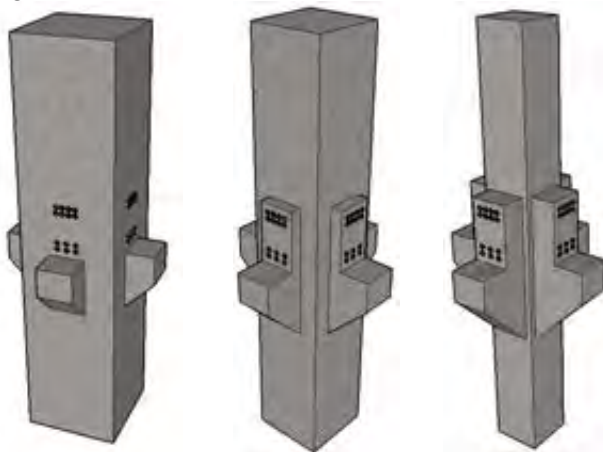


Gambar 4.3. Komponen Utilitas dan Finishing pada Lantai Beton Pracetak Integral.

4.3. Konsep Modular Lainnya

Selain lantai integral, jenis modular pabrikasi yaitu kolom, dinding geser, dinding partisi, fasad, dan struktur sekunder lain.

- Dinding geser tidak dibahas dalam tugas akhir ini yang telah dimasukkan dalam batasan masalah.
- Modular kolom didesain dengan konsol dan HBK menyesuaikan modular lantai integral yang tipikal. Dimensi kolom berbeda namun dimensi konsol tetap sama.
- Dinding partisi dapat diposisikan dimanapun sehingga denah ruangan dapat sangat fleksibel. Dinding partisi beton ringan atau material lain menumpu pada pelat rusuk dan rangka plafond.
- Perimeter gedung dapat menggunakan kantilever dan fasad gedung dapat bebas menggunakan desain apapun asalkan menggunakan sistem sambungan yang sama ke struktur utama.
- Struktur sekunder lain seperti koridor lift, tangga, dan lain-lain juga dipabrikasi menyesuaikan sistem lantai beton pracetak integral.

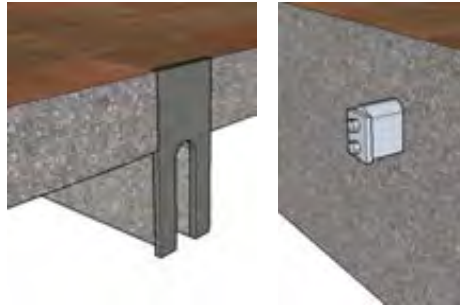


Gambar 4.4. Perspektif Modular Kolom

4.4. Konsep Sambungan Antar Modular

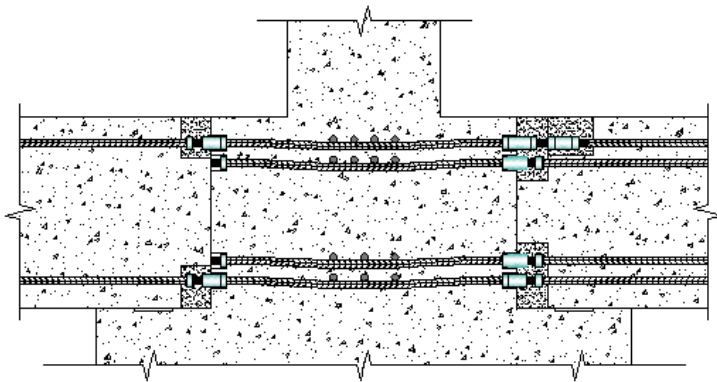
Konsep sambungan antar modular pada sistem lantai beton pracetak integral yaitu sebagai berikut:

- Sambungan antar modular lantai integral menggunakan korbel pada balok rusuk yang menumpu pada balok induk dari modular lantai integral lain.

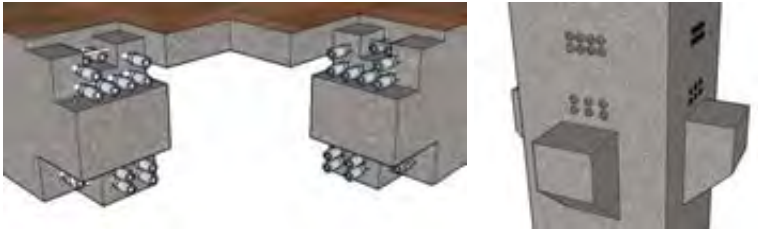


Gambar 4.5. Sambungan antar Lantai Integral

- Hubungan balok kolom menggunakan sambungan kopler. Konsol dan angkur yang telah tersedia di kolom.
- HBK didesain agar dapat universal menyesuaikan tipe lantai integral. Jumlah tulangan pada setiap tipe lantai integral didesain agar dapat dipasang pada sambungan di modular kolom yang tipikal.



Gambar 4.6. Hubungan Balok Kolom pada Modular.



Gambar 4.7. Perspektif Hubungan Balok Kolom pada Modular.

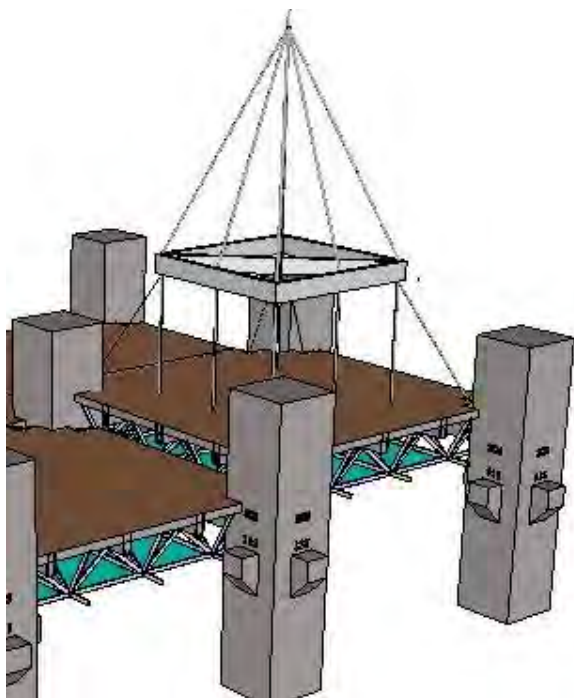
- Sambungan antar kolom terletak pada tengah kolom (daerah lapangan) karena memiliki seringkali gaya momen terkecil terjadi pada tengah bentang kolom.
- Sambungan antar kolom menggunakan *Column Shoe*, yaitu slot baut pada tepi bawah kolom atas dan baut pada tepi atas kolom bawah. *Column shoe* tersebut tersambung menerus dengan tulangan kolom.



Gambar 4.8. Sambungan Antar Kolom

4.5. Konsep Metode Pelaksanaan

Konsep metode pelaksanaan pembangunan gedung dengan sistem lantai beton pracetak integral terbagi ke dalam tahapan pabrikasi, transportasi, penanganan, perakitan, dan finishing yang akan dijelaskan lebih detail pada bab sambungan.



Gambar 4.9. Ereksi Lantai Beton Pracetak Integral Menuju Posisi Layan.

BAB V

PRELIMINARY DESIGN

5.1. Studi Kasus

Dalam desain dan perencanaan sistem lantai beton pracetak integral ini, digunakan studi kasus perencanaan bangunan gedung bertingkat yaitu Hotel T-30, China. Bangunan tersebut dipilih karena juga menggunakan sistem lantai integral dengan menggunakan struktur baja. Bangunan tersebut direncanakan ulang menggunakan struktur beton dengan sistem lantai beton pracetak integral sebagai pengganti lantai baja integral.

5.1.1. Data Perencanaan

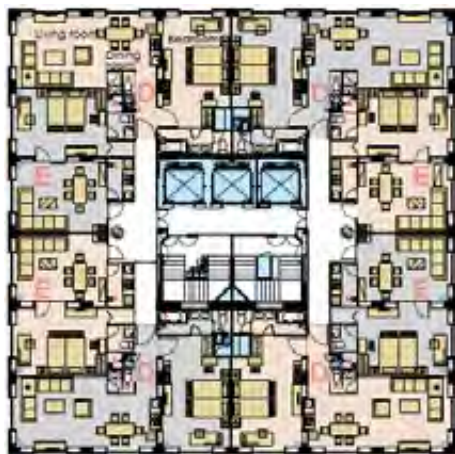
5.1.2. Data bangunan

Data bangunan gedung yang direncanakan yaitu sebagai berikut:

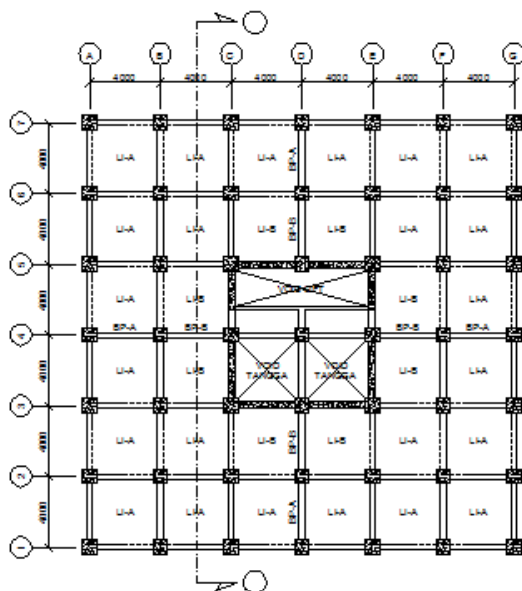
- Tipe bangunan : gedung bertingkat
- Fungsi bangunan : apartemen / hunian
- Sistem struktur : sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus
- Lokasi pembangunan : Padang
- Letak bangunan : jauh dari pantai
- Jenis tanah : SD (tanah lunak)
- Dimensi bangunan :
 - Ukuran bangunan : 23,4 m x 23,4 m
 - Tinggi bangunan : 52,5 m
 - Jumlah lantai : 15 lantai
 - Tinggi lantai : 3,5 m
- Karakteristik material :
 - Mutu beton : 40 MPa
 - Tegangan leleh tulangan ulir : 390 MPa
 - Tegangan leleh tulangan polos : 240 MPa

5.1.3. Detail bangunan

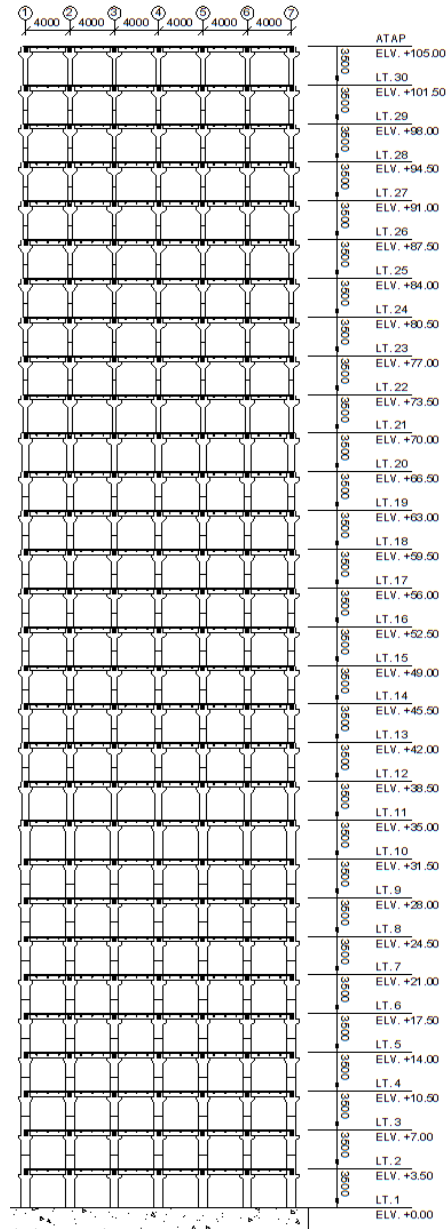
Detail bangunan yang direncanakan ditunjukkan pada gambar-gambar berikut:



Gambar 5.1. Denah Arsitektur (Tipikal Semua Lantai).



Gambar 5.2. Denah Struktur (Tipikal Semua Lantai).



Gambar 5.3. Potongan A-A.

5.2. Pembebanan

1) Beban Gravitasi

➤ Beban Mati

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m^3
- Tegel : 24 kg/m^2
- Dinding beton ringan : 100 kg/m^2
- Plafond : 11 kg/m^2
- Penggantung : 7 kg/m^2
- Plumbing + duckting : 25 kg/m^2
- Spesi : 21 kg/m^2

➤ Beban Hidup

- Lantai hunian : $1,92 \text{ kN/m}^2$
- Tangga dan bordes : $4,90 \text{ kN/m}^2$

2) Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 03-1726-2012.

Kombinasi beban yang digunakan

- 1) $1,4D$ (SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1)
- 2) $1,2D + 1,6L$ (SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1)
- 3) $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,0L + E$ (SNI 1726-2012 Pasal 7.4.2.3)
- 4) $(0,9-0,2S_{DS})D + E$ (SNI 1726-2012 Pasal 7.4.2.3)

5.3. Perencanaan Dimensi

5.3.1. Dimensi balok induk

Dimensi balok induk direncanakan tipikal untuk semua tipe lantai integral karena bentangnya sama (4 meter). Karena rangka bangunan ikut memikul beban gempa yang besar pada gedung bertingkat tinggi, maka tinggi balok induk diambil sebagai berikut:

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{L}{16} \times 400 \text{ cm} = 25 \text{ cm} \quad (\text{SNI } 2847-2013 \quad \text{Tabel}$$

9.5.a)

$$h > h_{\min} \rightarrow \text{OK}$$

Sedangkan lebar balok diambil sebagai berikut:

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 50 \text{ cm} = 33,33 \text{ cm} \approx \text{digunakan } b = 35 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan dimensi balok induk tipikal yaitu 50x30 cm

5.3.2. Dimensi balok rusuk

Balok rusuk direncanakan sebagai balok yang menumpu jepit pada balok induk lantai integralnya dan menumpu sendi pada lantai integral yang lain. Direncanakan tinggi balok rusuk yaitu:

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{18,5} = \frac{400}{18,5} = 21,62 \text{ cm} \text{ (SNI 2847-2013 Tabel 9.5a)}$$

$$h > h_{\min} \rightarrow \text{OK}$$

Sedangkan lebar balok rusuk direncanakan sebesar 10 cm. Sehingga digunakan dimensi balok rusuk tipikal yaitu 10x25cm.

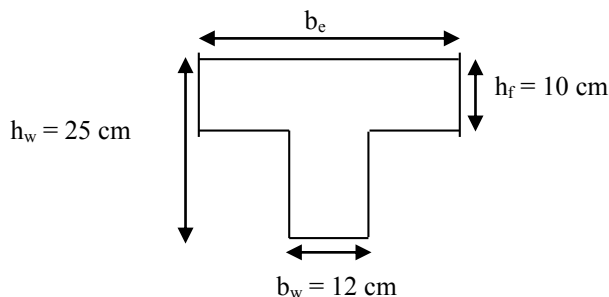
5.3.3. Tebal pelat rusuk

Ukuran pelat rusuk yang dibatasi dengan balok rusuk yaitu 50 x 50 cm. Tebal pelat rusuk direncanakan sebesar 10 cm. Berikut perhitungan persyaratan tebal minimum pelat:

$$L_n = S_n = 50 - (12) = 38 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{38}{38} = 1$$

Untuk nilai $\beta < 2$ tergolong pelat dua arah, maka perhitungan lebar sayap efektif adalah:



$$\begin{aligned}
 b_e &= b_w + 2 (h_w - h_f) \\
 &= 12 + 2 (25 - 10) \\
 &= 42 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_e &= b_w + 8 \times h_f \\
 &= 12 + 8 \times 10 \\
 &= 92 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai $b_e = 42 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{hf}{hw} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw} \right) + 4 \left(\frac{hf}{hw} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{hf}{hw} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{hf}{hw} \right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{42}{12} - 1 \right) \left(\frac{10}{25} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{10}{25} \right) + 4 \left(\frac{10}{25} \right)^2 + \left(\frac{42}{12} - 1 \right) \left(\frac{10}{25} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{42}{12} - 1 \right) \left(\frac{10}{25} \right)}$$

$$k = 1,700$$

$$\begin{aligned}
 I_{balok} &= \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 1,7 \times 12 \times 25^3
 \end{aligned}$$

$$I_{balok} = 26562,5 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
 I_{pelat} &= bs \times \frac{t^3}{12} \\
 &= 50 \times \frac{10^3}{12}
 \end{aligned}$$

$$I_{pelat} = 4166,67 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{26562,5}{4166,67} = 6,375 > 2$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5

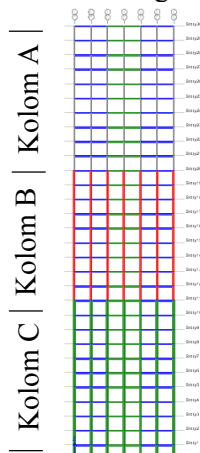
$$\begin{aligned}
 h_{\min} &= \frac{L_n(0,8 + f_y/1400)}{36 + 9\beta} \\
 &= \frac{50(0,8 + 390/1400)}{36 + 9(1)} \\
 &= 0,91 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm} \geq 9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal pelat tipikal yang direncanakan 10 cm telah memenuhi syarat.

5.3.4. Dimensi Kolom

Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai yang ditinjau. Tinggi seluruh kolom direncanakan sama, yaitu 3,5 meter. Dimensi kolom direncanakan dibagi menjadi 3 macam yaitu:

- Kolom A (lantai 1-10 terhitung dari atas)
- Kolom B (lantai 11-20 terhitung dari atas)
- Kolom C (lantai 21-30 terhitung dari atas)



Gambar 5.4. Denah Kolom

Tabel 5.3. Perhitungan beban mati per lantai kolom C

Jenis	Dimensi (nett)			n	Total		Pengali		Berat (kg)
	b (m)	h (m)	L (m)						
Pelat	4	0,1	4	1	1,60	m ³	2400	kg/m ³	3840,0
Kolom	0,8	0,8	3,4	1	2,18	m ³	2400	kg/m ³	5222,4
Balok Induk	0,35	0,4	3,2	2	0,90	m ³	2400	kg/m ³	2150,3
Rusuk-x	0,12	0,15	3,65	7	0,46	m ³	2400	kg/m ³	1103,8
Rusuk-y	0,12	0,15	2,81	7	0,35	m ³	2400	kg/m ³	849,7
Utilitas + Finishing	4	-	4	1	16,00	m ²	98	kg/m ²	1568,0
Dinding	-	3	3,6	2	21,60	m ²	100	kg/m ²	2160,0
Total beban mati per lantai kolom C (kg)									16654,3

Berat hidup per lantai yaitu:

$$LL = (4 \text{ m} \times 4 \text{ m}) \times 250 \text{ kg/m}^2 = 4000 \text{ kg}$$

Jadi berat total :

➤ Kolom A

$$\begin{aligned} W_A &= [1,2DL + 1,6LL] \times 10 \text{ lantai} \\ &= [1,2 (13246,3) + 1,6 (4000)] \times 10 \\ &= 222955,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Kolom B

$$\begin{aligned} W_B &= [1,2DL + 1,6LL] \times 10 \text{ lantai} + W_A \\ &= [1,2 (14623,9) + 1,6 (4000)] \times 10 + 222955,6 \\ &= 462442,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Kolom C

$$\begin{aligned} W_C &= [1,2DL + 1,6LL] \times 10 \text{ lantai} + W_B \\ &= [1,2 (13246,3) + 1,6 (4000)] \times 10 + 462442,5 \\ &= 726294,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mutu beton = 40 MPa = 400 kg/cm²

Sehingga dimensi kolom diambil sebagai berikut:

➤ Kolom A

$$A_A = 3W_A / f'_c = 3 \times 222955,6 / 400 = 1672,2 \text{ cm}^2$$

$$b = h = 40,89 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Diambil dimensi Kolom A yaitu 40 x 40 cm

➤ Kolom B

$$A_B = 3W_B / f'_c = 3 \times 462442,5 / 400 = 3468,3 \text{ cm}^2$$

$$b = h = 58,89 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Diambil dimensi Kolom B yaitu 60 x 60 cm

➤ Kolom C

$$A_C = 3W_C / f'_c = 3 \times 726294,1 / 400 = 5447,2 \text{ cm}^2$$

$$b = h = 73,81 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$$

Diambil dimensi Kolom C yaitu 80 x 80 cm

5.3.5. Tebal Dinding Geser

Berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm. Tebal dinding geser dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

➤ Dinding geser A (lantai 1-10 terhitung dari atas) = 20 cm

➤ Dinding geser B (lantai 11-20 terhitung dari atas) = 25 cm

➤ Dinding geser C (lantai 21-30 terhitung dari atas) = 30 cm

Sedangkan persyaratan ketebalan minimum yaitu:

Bentang dinding tertumpu = 400 cm

Tinggi dinding = 350 cm

$T \geq H/25 = 350/25 = 14 \text{ cm}$

$T \geq L/25 = 400/25 = 16 \text{ cm}$

Dengan demikian, tebal dinding geser semua tipe dinding geser memenuhi.

BAB VI

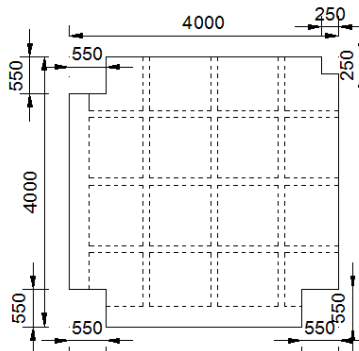
PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

6.1. Permodelan pelat dan balok rusuk

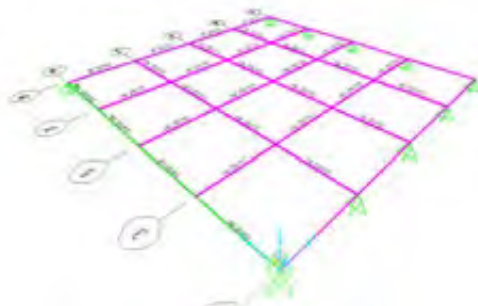
6.1.1. Data perencanaan pelat dan balok rusuk

Pelat yang digunakan menggunakan jenis pelat rusuk/waffle, dengan data perencanaan sebagai berikut:

- Ukuran pelat rusuk = 4 x 4 m
- Jarak rusuk arah x dan y = setiap 100 cm
- Tebal pelat = 10 cm
- Dimensi balok rusuk = 10 x 25 cm
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa
- Mutu tulangan ulir (f_y) = 390 MPa
- Mutu tulangan polos (f_y) = 240 MPa



Gambar 6.1. Ukuran pelat rusuk



Gambar 6.2. Permodelan pelat rusuk pada SAP2000.

6.1.2. Pembebanan pelat dan balok rusuk

Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727-2013).

$$\text{Utilitas+finishing} = 98 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Dinding partisi} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban hidup} = 2,4 \text{ kN/m}^2$$

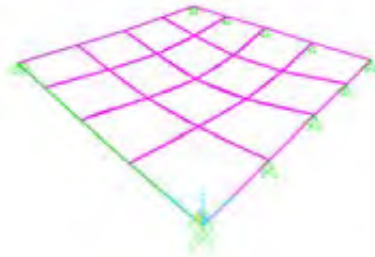
Untuk beban dinding didistribusikan seperti pada gambar berikut:



Gambar 6.3. Distribusi beban dinding pada pelat rusuk.

Lendutan maksimum yang dihasilkan setelah pembebanan ditunjukkan pada gambar di bawah dengan nilai lendutan maksimum sebesar 1,614 mm. Persyaratan lendutan izin maksimum untuk konstruksi slab dua arah menurut SNI 2847-2013 Tabel 9.5(b) yaitu:

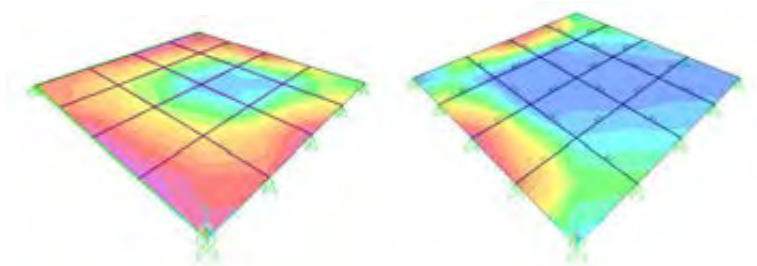
$$\Delta_{ijin} = L/480 = 4000/480 = 8,333 \text{ mm} > \Delta = 1,614 \text{ mm (OK)}$$



Gambar 6.4. Lendutan yang terjadi pada pelat rusuk.

6.2. Perencanaan Pelat Rusuk

Perencanaan pelat rusuk dilakukan dengan analisa pelat dua arah, dengan momen maksimum hasil analisa program bantu SAP2000 berikut:



Gambar 6.5. Hasil analisa numerik pelat rusuk, (kiri) momen terfaktor positif dan (kanan) momen terfaktor negatif.

Direncanakan:

$$\begin{aligned} M_{u, \max} &= 3,65 \text{ kNm} \\ M_{u, \min} &= -5,347 \text{ kNm} \\ f'_c &= 40 \text{ MPa} \\ f_y &= 240 \text{ MPa} \\ h &= 100 \text{ mm} \\ \text{cover} &= 20 \text{ mm} \\ \text{Dia. tul} &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persyaratan rasio tulangan:

$$28 \leq f'_c \leq 56 \rightarrow \beta_1 = 0,85 - (40 - 28)/7 \times 0,05 = 0,764$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0773 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0773 = 0,0580$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y}$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{240} = 0,0066$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0066

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{240}{0,85 \times 40} = 7,059$$

Kebutuhan tulangan lentur positif:

$$d = 100 - 20 - (3/2) \cdot 10 = 65 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{3,65 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 65^2} = 0,960$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{7,059} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 7,059 \times 0,96}{240}} \right) = 0,0041 < \rho_{\min}$$

$$(4/3)\rho = 0,0054 \leq \rho_{\min}$$

maka dipakai $\rho = 0,0054$

$$A_{s \min} = \rho b d = 0,0054 \times 1000 \times 65 = 351,7 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2 S}{A_s} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 1000}{351,7} = 223,3 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 3h = 3 \times 100 = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan lentur positif Ø10-200

Kontrol tulangan lentur positif:

$$A_s = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2 S}{s} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} = 392,7 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{392,7 \times 240}{0,85 \times 40 \times 1000} = 2,772 \text{ mm}$$

$$c = a / \beta_1 = 2,772 / 0,764 = 3,627 \text{ mm}$$

$$c/d = 3,627/65 = 0,056 \leq 0,375 \rightarrow \phi = 0,9$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi A_s f_y (d - a/2) = 0,9 \times 392,7 \times 240 \times (65 - 2,772/2) \\ &= 5,396 \text{ kNm} \geq M_u = 3,65 \text{ kNm} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan lentur negatif:

$$d = 100 - 20 - (1/2) \cdot 10 = 65 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{2,729 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 75^2} = 0,718$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{7,059} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 7,059 \times 0,718}{240}} \right) = 0,00302 < \rho_{\min}\end{aligned}$$

$$(4/3)\rho = 0,0040 \leq \rho_{\min}$$

maka dipakai $\rho = 0,0040$

$$A_{s \min} = \rho b d = 0,0040 \times 1000 \times 65 = 260 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{1/4 \pi D^2 S}{A_s} = \frac{1/4 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{260} = 302,08 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 3h = 3 \times 100 = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan lentur positif Ø10-300

Kontrol tulangan lentur positif:

$$A_s = \frac{1/4 \pi D^2 S}{s} = \frac{1/4 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{300} = 261,8 \text{ mm}^2$$

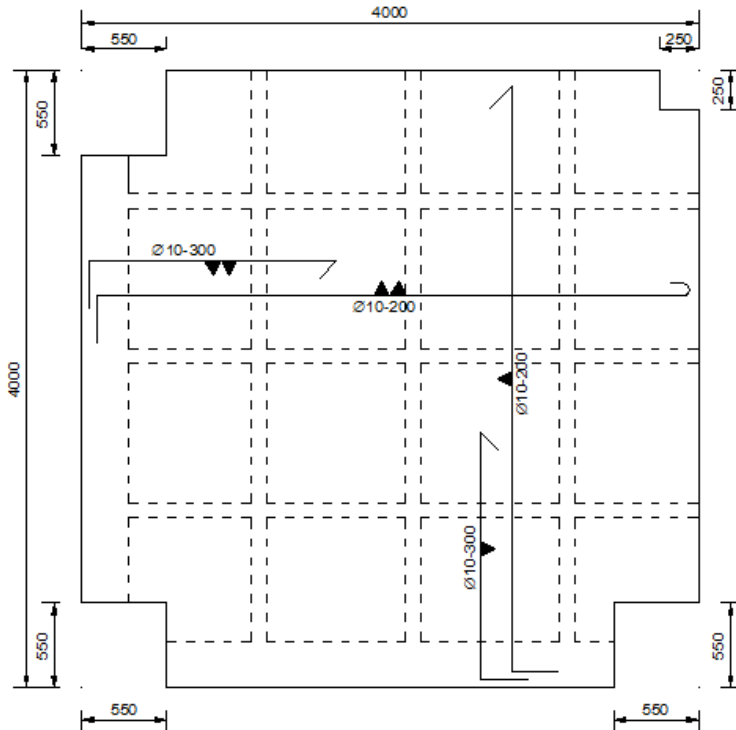
$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{261,8 \times 240}{0,85 \times 40 \times 1000} = 1,848 \text{ mm}$$

$$c = a / \beta_1 = 1,848 / 0,764 = 2,418 \text{ mm}$$

$$c/d = 2,418/65 = 0,032 \leq 0,375 \rightarrow \phi = 0,9$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi A_s f_y (d - a/2) = 0,9 \times 261,8 \times 240 \times (65 - 1,848/2) \\ &= 3,623 \text{ kNm} \geq M_u = 2,729 \text{ kNm} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

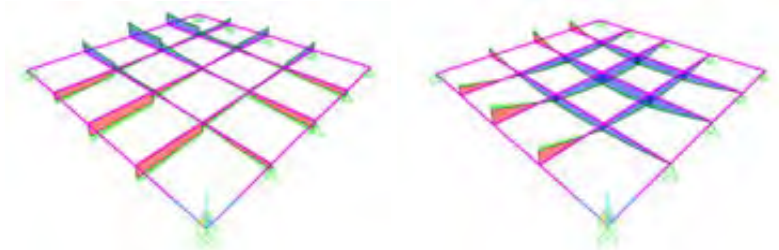
Tulangan susut dan suhu tidak diperlukan karena telah ada tulangan yang tegak lurus tulangan lentur menerus pada setiap daerah slab.



Gambar 6.6. Detail tulangan pelat

6.3. Perencanaan Balok Rusuk

Perencanaan balok rusuk pada pelat rusuk dilakukan dengan analisa penulangan lentur dan sengkang terhadap gaya momen dan geser terfaktor. Pada daerah momen positif saja, dipasang tulangan tunggal di daerah bawah balok rusuk. Sedangkan pada daerah momen negatif, dipasang tulangan rangkap di daerah atas dan bawah balok rusuk, yaitu tulangan bawah pada daerah momen positif diteruskan ke daerah momen negatif. Hasil gaya dalam terfaktor yang didapatkan melalui analisa numerik dengan program bantu SAP2000 ditunjukkan pada gambar dan tabel berikut:



Gambar 6.7. Diagram gaya dalam (kiri) geser dan (kanan) momen balok rusuk hasil analisa SAP2000.

Tabel 6.1. Gaya geser dan momen terfaktor pada titik kritis balok rusuk hasil analisa SAP2000.

Jenis	Lokasi	V (kN)	M (kNm)
Dekat jepit	Jepit	7,120	-3,910
	Lapangan	3,538	3,405
	Sendi	4,420	0
Tengah	Jepit	10,200	-6,362
	Lapangan	5,498	4,919
	Sendi	6,365	0
Dekat sendi	Jepit	8,892	-5,279
	Lapangan	4,145	4,046
	Sendi	5,456	0

Direncanakan:

Dimensi balok rusuk	= 10/25
Tebal selimut beton	= 25 mm
Diameter tulangan utama	= D13
Diameter tulangan sengkang	= Ø6
Mutu beton (f_c')	= 40 MPa
Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
h efektif = $250 - 25 - 6 - \frac{1}{2}(13)$	= 213 mm

Persyaratan rasio tulangan:

$$28 \leq f_c' \leq 56 \rightarrow \beta_1 = 0,85 - (40 - 28)/7 \times 0,05 = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0404$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0404 = 0,0303$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0036$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y}$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0041$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0041

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,471$$

a. Momen positif, balok T

Direncanakan:

$$M_u^{(+)} = 4,919 \text{ kNm}$$

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$s_w = 1000 - 300/2 - 60/2 = 820 \text{ mm}$$

$$L_b = 4000 - 300 = 3700 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. bawah D13 } (A_s = 123,5 \text{ mm}^2)$$

$$d = 250 - 20 - 13/2 = 203,7 \text{ mm}$$

Lebar efektif balok T (SNI 2847-2013 ps. 8.12.2):

$$be_1 = (1/4) \times L_b = (1/4) \times 3700 = 925 \text{ mm}$$

$$be_2 = 16 \times t_p + b = 16 \times 14 + 60 = 1660 \text{ mm}$$

$$be_3 = s_w + b = 820 + 60 = 880 \text{ mm}$$

maka diambil $b_e = 880 \text{ mm}$

Cek kondisi balok T

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{123,5 \times 390}{0,85 \times 40 \times 880} = 1,610 \text{ mm}$$

$$a \leq hf = 100 \text{ mm} \rightarrow \text{Balok T palsu}$$

Kebutuhan tulangan:

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{4,919 \times 10^6}{0,9 \times 880 \times 223,7^2} = 0,140$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{7,059} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,471 \times 0,140}{390}} \right) = 0,00036 < \rho_{\min}$$

$$(4/3)\rho = 0,00048 \leq \rho_{\min}$$

maka dipakai $\rho = 0,00048$

$$A_{s,\min} = \rho b d = 0,00048 \times 880 \times 223,73 = 94,15 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan lentur positif D13 ($A_s = 123,5 \text{ mm}^2$)

Kontrol kekuatan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{123,5 \times 390}{0,85 \times 40 \times 880} = 1,610 \text{ mm}$$

$$c/d = (1,61/0,764)/203,7 = 0,0094 \rightarrow \phi = 0,9$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - a/2)$$

$$= 0,9 \times 123,5 \times 390 \times (203,7 - 1,61/2) = 9,68 \text{ kN}$$

b. Momen negatif, balok dianggap persegi

Direncanakan:

$$M_u^{(-)} = -6,362 \text{ kNm}$$

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan atas D13} \rightarrow A_s = 123,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bawah D13} \rightarrow A_s' = 123,5 \text{ mm}^2$$

$$d = 250 - 20 - 2 \times 10 - 13/2 = 203,7 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + 13/2 = 26,3 \text{ mm}$$

Analisa tulangan rangkap sebagai berikut:

$$A_s f_y = 0,85 f_c' \beta_1 c b + A_s' \left(\frac{c - d'}{c} \right) 600$$

Dengan penyelesaian persamaan kuadrat didapat $c = 28,0 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 c = 0,7643 \times 27,98 = 21,39 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) = 600 \left(\frac{27,98 - 26,3}{27,98} \right) = 36,73 \text{ MPa}$$

Tulangan bawah dalam keadaan tekan dan belum leleh

$$A_{s1} = A_s - A_s' \frac{f_s'}{f_y} = 123,5 - 123,5 \times \frac{36,73}{390} = 111,9 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s1} f_y (d - a/2) + A_s' f_s' (d - d') \\ &= 112 \times 390 \times (204 - 21,4 / 2) + 123,5 \times 36,7 \times (204 - 26,3) \\ &= 9,288 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$c/d = 27,98/203,7 = 0,137 < 0,375 \rightarrow \phi = 0,9$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 9,288 = 8,36 \text{ kNm} > M_u = 6,362 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan di atas kuat menahan beban ultimate balok.

c. Tulangan geser tumpuan

Direncanakan:

$$V_u = 10,200 \text{ kN}$$

$$b \equiv 88 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$f_{ys} = 240 \text{ MPa}$$

$$d_s = 250 - 20 = 230 \text{ mm}$$

Kuat geser beton:

$$V_c = (1/6) \sqrt{f_c'} b_w d = (1/6) \times \sqrt{40} \times 88 \times 250 = 21,33 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 21,33 = 16,00 \text{ kN}$$

$$\phi V_c / 2 = 16,00 / 2 = 8,00 \text{ kN}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan:

$$\phi V_c / 2 \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$A_{v1} = \frac{75 \sqrt{f_c'} b S}{1200 f_y} = \frac{75 \times \sqrt{40} \times 88 \times 1000}{1200 \times 240} = 144,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{v2} = \frac{b S}{3 f_y} = \frac{88 \times 1000}{3 \times 240} = 122,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{maka diambil } A_v = 144,9 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan:

Dipasang sengkang 2 kaki Ø6

$$s = \frac{n(1/4)\pi d^2 S}{A_v} = \frac{2 \times (1/4) \times \pi \times 6^2 \times 1000}{144,9} = 390,2 \text{ mm}$$

Kontrol spasi:

$$s \leq d/2 = 230/2 = 115 \text{ mm}$$

$$s \leq 600 \text{ mm}$$

maka dipasang spasi 100 mm

Sehingga dipasang tulangan transversal lapangan Ø6-100.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} = \frac{2 \times 28,26 \times 240 \times 6}{100} = 0,81 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = \phi(V_c + V_s) = 0,75 \times (21,33 + 0,81) = 16,61 \text{ kN}$$

d. Tulangan geser lapangan

Direncanakan:

$$V_u = 6,365 \text{ kN}$$

$$b = 88 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$f_{ys} = 240 \text{ MPa}$$

$$d_s = 250 - 20 = 230 \text{ mm}$$

Kuat geser beton:

$$V_c = (1/6) \sqrt{f'_c} b_w d = (1/6) \times \sqrt{40} \times 88 \times 250 = 21,33 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 21,33 = 16,00 \text{ kN}$$

$$\phi V_c / 2 = 16,00 / 2 = 8,00 \text{ kN}$$

Tulangan yang dibutuhkan:

$$V_u \leq \phi V_c / 2$$

maka dipasang tulangan minimum Ø6 dengan jarak:

$$s \leq d/2 = 230/2 = 115 \text{ mm}$$

$$s \leq 600 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang tulangan transversal lapangan Ø6-100.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} = \frac{2 \times 28,26 \times 240 \times 6}{100} = 0,81 \text{ kN}$$

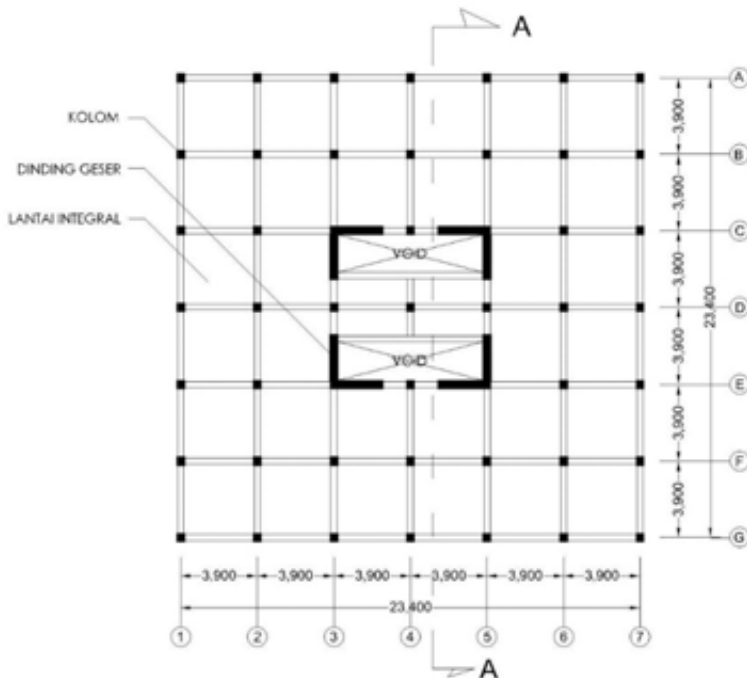
$$\phi V_n = \phi(V_c + V_s) = 0,75 \times (21,33 + 0,81) = 16,61 \text{ kN}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII PEMODELAN STRUKTUR

7.1. Permodelan Struktur

Struktur yang direncanakan adalah bangunan apartemen/hunian 30 lantai dengan total tinggi struktur 105 meter. Denah dari struktur dalam studi kasus ini adalah sebagai berikut.



Gambar 7.1. Denah struktur (tipikal semua lantai)

Pada gambar di atas, arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar.

Permodelan struktur dilakukan menggunakan program bantu ETABS v15. Program ini akan membantu dalam beberapa analisa serta untuk mengecek performa struktur terhadap gempa sesuai persyaratan pada SNI 1726-2012. Berikut adalah pemodelan yang sudah dilakukan dalam program ETABS v15 :



Gambar 7.2. (Dari kiri) tangga + lift, dinding geser, kolom, lantai integral, dan permodelan lengkap struktur

7.2. Pembebanan

7.2.1. Beban mati

Menurut SNI 1727-2013, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, dengan menggunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya. Dalam hal ini digunakan berat bahan sesuai ketentuan PPIUG 1983, yaitu sebagai berikut:

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m^3
- Dinding beton ringan : 100 kg/m^2
- Tegel : 24 kg/m^2
- Plafond : 11 kg/m^2
- Penggantung : 7 kg/m^2
- Plumbing + duckting : 25 kg/m^2
- Spesi : 21 kg/m^2
- Superimposed dead load : 98 kg/m^2

7.2.2. Beban hidup

Menurut SNI 1727-2013, beban hidup ialah beban yang diakibatkan oleh pengguna bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. Berdasarkan tabel 4-1 SNI 1727-2013, beban hidup ditentukan sebagai berikut:

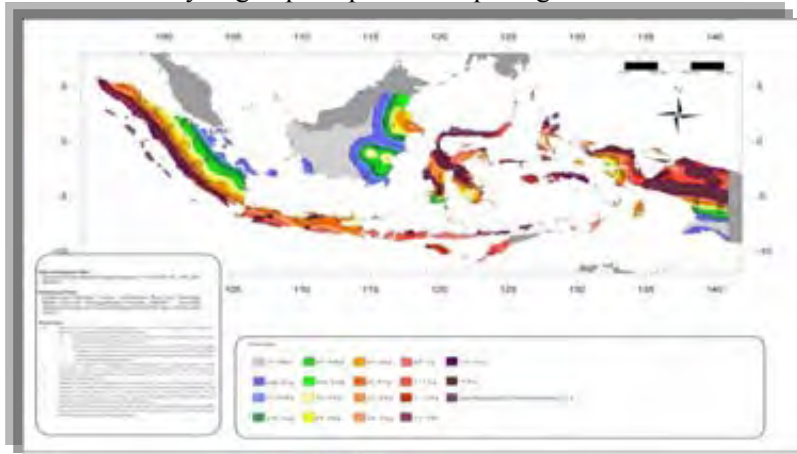
- Hunian : 1,92 kN/m²
- Tangga dan jalan keluar : 4,79 kN/m²
- Ruang publik dan koridor : 4,79 kN/m²
- Jalur untuk akses pemeliharaan : 1,92 kN/m²
- Ruang mesin / utilitas : 6 kN/m²
- Atap : 0,96 kN/m²

7.2.3. Beban gempa

Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan Analisis Respon Dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

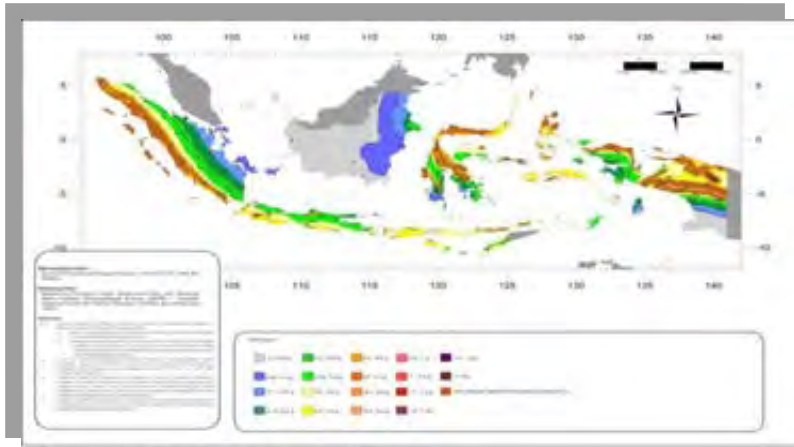
Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 7.3. Peta untuk Menentukan Harga Ss

Ss, Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g, (5% redaman kritis). Kelas situs SE. Dari gambar 6.3 untuk daerah Padang didapatkan nilai Ss = 1,794 g.



Gambar 7.4. Peta untuk Menentukan S_1

Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SE. Dari gambar 6.4 untuk wilayah Padang $S_1 = 0,703$.

Parameter-parameter respon spektrum untuk wilayah Padang dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E) adalah sebagai berikut :

- $S_s (g) = 1,794$ (tabel 4)
- $S_1 (g) = 0,703$ (tabel 5)
- $F_A = 0,9$ (pers. 5)
- $F_v = 2,4$ (pers. 6)
- $S_{MS} (g) = F_A S_s = 1,6146$ (pers. 7)
- $S_{M1} (g) = F_v S_1 = 1,6872$ (pers. 8)
- $S_{DS} (g) = 2/3 S_{MS} = 1,0764$ (hal. 28)
- $S_{D1} (g) = 2/3 S_{M1} = 1,1248$ (hal. 28)
- $T_0 (detik) = 0,2 S_{D1}/S_{DS} = 0,209$
- $T_s (detik) = S_{D1}/S_{DS} = 1,045$

Arah pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

Faktor Keutamaan Gempa

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan apartemen. Berdasarkan tabel 1 dan tabel 2 SNI 1726-2012, didapatkan kategori dan nilai sebagai berikut:

- Kategori resiko bangunan = II
- Faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,0

Faktor untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Ketika analisis, faktor-faktor tertentu harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa. Struktur gedung ini adalah sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus dan dinding geser beton bertulang khusus. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726-2012 didapatkan nilai faktor yaitu:

- Koefisien modifikasi respon (R) = 7
- Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 2,5
- Faktor pembesaran defleksi = 5,5

7.2.4. Kombinasi beban

Struktur bangunan gedung harus dirancang menggunakan kombinasi pembebanan sesuai peraturan yang berlaku. Gedung dalam tugas akhir ini menggunakan struktur pracetak, sehingga kombinasi pembebanan yang digunakan mengikuti SNI 2847-2013 (Beban pada Gedung) dan SNI 1726-2012 (Gempa) yaitu sebagai berikut:

- 1) $1,4D$ (SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1)
- 2) $1,2D + 1,6L$ (SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1)
- 3) $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,0L + E$ (SNI 1726-2012 Pasal 7.4.2.3)
- 4) $(0,9-0,2S_{DS})D + E$ (SNI 1726-2012 Pasal 7.4.2.3)

7.3. Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS v15, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol beban gravitasi
- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol nilai akhir dinamik
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol batas simpangan (*drift*)
- Kontrol distribusi sistem ganda

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

7.3.1. Kontrol beban gravitasi

Beban gravitasi dikontrol untuk mengecek kesesuaian permodelan pada program bantu ETABS v15 dengan desain bangunan gedung. Sesuai nilai beban mati yang telah dijelaskan pada bagian 6.2.1 diatas, perhitungan beban mati masing-masing modular pracetak pada gedung ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 7.1. Perhitungan beban mati

No	Jenis	Dimensi (nett)			n	Total		Pengali		Berat
		b (m)	h (m)	L (m)						(kg)
	Pelat	4	0,1	4	1	1,600	m3	2400	kg/m3	3840,0
	Balok Induk	0,35	0,4	3,4	2	0,952	m3	2400	kg/m3	2284,8
	Rusuk arah x	0,08	0,15	3,65	3	0,131	m3	2400	kg/m3	315,4
	Rusuk arah y	0,08	0,15	3,41	3	0,123	m3	2400	kg/m3	294,6
	Superimposed	4	-	4	1	16,000	m2	98	kg/m2	1568,0
1	Lantai Integral									8302,8
2	Dinding Partisi	-	3	3,4	1	10,200	m2	100	kg/m2	1020,0
3	Dinding Fasad	-	3,5	4	1	14,000	m2	250	kg/m2	3500,0
4	Balok Pelengkap	0,35	0,4	3,4	1	0,476	m3	2400	kg/m3	1142,4
5	Kolom A	0,4	0,4	3,4	1	0,544	m3	2399	kg/m3	1305,1
6	Kolom B	0,6	0,6	3,4	1	1,224	m3	2400	kg/m3	2937,6
7	Kolom C	0,8	0,8	3,4	1	2,176	m3	2401	kg/m3	5224,6
8	Shearwall A	0,2	3,5	4	1	2,800	m3	2400	kg/m3	6720,0
	Opening A	0,2	2,5	1,5	1	0,750	m3	2400	kg/m3	1800,0
9	SW w/ Opening A									4920,0
10	Shearwall B	0,25	3,5	4	1	3,500	m3	2400	kg/m3	8400,0

Tabel 7.1. Perhitungan beban mati (lanjutan)

No	Jenis	Dimensi (nett)			n	Total		Pengali		Berat
		b (m)	h (m)	L (m)						(kg)
	Opening B	0,25	2,5	1,5	1	0,938	m3	2400	kg/m3	2250,0
11	SW w/ Opening B									6150,0
12	Shearwall C	0,3	3,5	4	1	4,200	m3	2400	kg/m3	10080,0
	Opening C	0,3	2,5	1,5	1	1,125	m3	2400	kg/m3	2700,0
13	SW w/ Opening C									7380,0
	Bordes A	1	0,135	1	1	0,135	m3	2400	kg/m3	324,0
	Tangga	1	0,135	2,32	1	0,270	m3	2400	kg/m3	750,2
	Balok tangga	0,15	0,25	2,32	2	0,174	m3	2400	kg/m3	416,8
	Balok bordes	0,15	0,25	1	3	0,113	m3	2400	kg/m3	270,0
	Superimposed	1	-	3	1	3,000	m2	98	kg/m2	294,0
14	Tangga									2055,0
	Bordes B	1	0,135	3	1	0,405	m3	2400	kg/m3	972,0
	Balok bordes	0,15	0,25	4	1	0,150	m3	2400	kg/m3	360,0
	Superimposed	1	-	3	1	3,000	m2	98	kg/m2	294,0
15	Bordes tangga									1626,0
	Bordes C	1	0,135	2	1	0,270	m3	2400	kg/m3	648,0

Dan perhitungan beban mati total struktur dari seluruh modular pracetak ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 7.2. Perhitungan beban mati total struktur

No	Elemen	Berat (ton)	Jumlah Per lantai	Jumlah lantai	Subtotal (ton)
1	Lantai Integral	8,30	32	30	7970,7
2	Dinding	2,04	72	30	4406,4
3	Balok Pelengkap	1,14	8	30	274,2
4	Kolom A	1,31	41	10	535,1
5	Kolom B	2,94	41	10	1204,4
6	Kolom C	5,22	41	10	2142,1
7	Shearwall A	6,72	6	10	403,2
8	SW w/ Opening A	4,92	2	10	98,4
9	Shearwall B	8,40	6	10	504,0
10	SW w/ Opening B	6,15	2	10	123,0
11	Shearwall C	10,08	6	10	604,8
12	SW w/ Opening C	7,38	2	10	147,6
13	Tangga	1,95	6	30	351,5
14	Bordes Tangga	1,63	2	30	97,6
15	Bordes Utilitas	6,20	2	30	372,1
15	Lobby Lift	6,77	1	30	203,2
16	Lift	17,10	3	1	51,3
				Total	19489,5

Sedangkan untuk perhitungan beban hidup, sesuai yang dijelaskan pada 6.2.2, ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 7.3. Perhitungan beban hidup

No	Jenis	b (m)	L (m)	n	A (m ²)	q (kN/m ²)	L ₀ (kN)
1	Hunian	4	4	32	512	1,92	983,0
2	Tangga	1	3	6	18	4,79	86,2
3	Bordes	1	3	2	6	4,79	28,7
4	Koridor	1,5	4	2	12	4,79	57,5
5	Jalur pemeliharaan	1	2	2	4	1,92	7,7
6	Ruang utilitas	1	2	2	4	6,00	24,0
Total per lantai							1187,2
Total 30 lantai							35614,8

Beban yang terhitung pada permodelan dalam ETABS v15 yaitu sebagai berikut:

- Beban mati = 19502,4 tonf
(selisih 0,07% dengan perhitungan manual)
- Beban hidup = 3698,6 tonf
(selisih 1,88% dengan perhitungan manual)

Dengan demikian permodelan struktur dianggap sesuai dengan yang diinginkan.

7.3.2. Kontrol partisipasi massa

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dalam hal ini digunakan bantuan program ETABS untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada tabel berikut :

Tabel 7.4. Rasio partisipasi massa struktur

Output Case	Step Num	Period	Sum UX	Sum UY
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
Modal	1	3,217	0,6395	0,0001
Modal	2	3,177	0,6395	0,6406
Modal	3	1,946	0,6395	0,6406
Modal	4	1,946	0,6395	0,6407
Modal	5	1,945	0,6395	0,6407
Modal	6	1,945	0,6396	0,6407
Modal	7	1,473	0,6396	0,6407
Modal	8	0,887	0,8044	0,6407
Modal	9	0,880	0,8044	0,8096
Modal	10	0,550	0,8044	0,8096
Modal	11	0,402	0,8044	0,8815
Modal	12	0,398	0,8754	0,8815
Modal	13	0,343	0,8755	0,8815
Modal	14	0,245	0,8762	0,8815
Modal	15	0,241	0,8762	0,9171
Modal	16	0,232	0,9128	0,9171
Modal	17	0,200	0,9128	0,9171
Modal	18	0,171	0,9128	0,9171
Modal	19	0,170	0,9128	0,9384
Modal	20	0,161	0,9356	0,9384

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 91,71% pada moda ke 16 dan partisipasi massa arah Y sebesar 91,71% pada moda ke 15. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

7.3.3. Kontrol waktu fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726-2012, periode fundamental pendekatan (T_a) untuk struktur dinding geser beton ditentukan sebagai berikut:

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} h_n$$

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \left[\frac{A_i}{1 + 0,83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2} \right]$$

Keterangan:

h_n = ketinggian total struktur (m)

A_B = luas struktur (m²)

A_i = luas badan dinding geser “i” (m²)

D_i = panjang dinding geser “i” (m)

h_i = tinggi dinding geser “i” (m)

x = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif dalam menahan gaya lateral dalam arah yang ditinjau

Nilai T_a di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atasnya dikalikan dengan koefisien batas berdasarkan Tabel 14 SNI 1726-2012 yang tergantung dari nilai S_{D1} .

Untuk nilai $S_{D1}=1,1248$, nilai koefisien batas (C_u) adalah 1,4. Struktur studi kasus memiliki tinggi dari basement hingga atas gedung (h_n) adalah 105 m, dan luas struktur 17280 m².

Untuk arah X:

$$D_1 = D_2 = 8 \text{ m}$$

$$h_1 = h_2 = 105 \text{ m}$$

$$A_1 = A_2 = 8 \times 105 = 840 \text{ m}^2$$

$$C_w = \frac{100}{17280} \left\{ \left(\frac{105}{105} \right)^2 \frac{840}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{105}{8} \right)^2 \right]} + \left(\frac{105}{105} \right)^2 \frac{840}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{105}{8} \right)^2 \right]} \right\}$$

$$= 0,0675$$

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{0,0675}} 105 = 2,505$$

$$T = C_u \times T_a = 1,4 \times 2,505 = 3,507$$

$$T \text{ analisis arah X} = 3,306$$

$$2,505 < T_x < 3,507$$

Untuk arah Y:

$$D_1 = D_2 = 8 \text{ m}$$

$$h_1 = h_2 = 105 \text{ m}$$

$$A_1 = A_2 = 8 \times 105 - (30 \times 2,5 \times 1,5) = 727,5 \text{ m}^2$$

$$C_w = \frac{100}{17280} \left\{ \left(\frac{105}{105} \right)^2 \frac{727,5}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{105}{8} \right)^2 \right]} + \left(\frac{105}{105} \right)^2 \frac{727,5}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{105}{8} \right)^2 \right]} \right\}$$

$$= 0,0585$$

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{0,0585}} 105 = 2,692$$

$$T = C_u \times T_a = 1,4 \times 2,692 = 3,769$$

$$T \text{ analisis arah Y} = 3,295$$

$$2,692 < T_y < 3,769$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan bahwa perioda fundamental struktur dalam arah x dan arah y hasil analisa permodelan pada ETABS v15 telah memenuhi persyaratan pada SNI 1726-2012

7.3.4. Kontrol nilai akhir dinamik

Berdasarkan SNI 1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \times W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

dimana :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{1,0764}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,1538$$

Nilai C_s di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{1,1248}{3,217\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0499 > 0,1538$$

Maka diambil $C_s = 0,0495$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 1,0764 \times 1 \\ &= 0,0474 < 0,0495 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Maka nilai C_s diambil 0,0499

Dari tabel 6.2 dan 6.3, didapat berat total struktur untuk perhitungan gempa yaitu:

$$\begin{aligned} W &= D + 0,5L \\ &= 19489,5 + 0,5 \times 3630,5 = 21351,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{statik} &= C_s \times W \\ &= 0,0499 \times 21351,73 \\ &= 1066,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) sebagai berikut :

Tabel 7.5. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Beban Gempa	Global FX	Global FY
text	tonf	tonf
GEMPA X	921,1	0,086
GEMPA Y	0,063	937,5

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{Statik}$$

$$921,1 \geq 85\% \times 1066,5$$

$$921,1 \geq 906,5 \text{ tonf (OK)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{Statik}$$

$$938,5 \geq 85\% \times 1066,5$$

$$938,5 \geq 906,5 \text{ tonf (OK)}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa pembebanan gempa dinamik pada permodelan telah memenuhi persyaratan SNI 1726-2012 Pasal 7.8

7.3.5. Kontrol batas simpangan (drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

dimana :

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I}$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = \delta_{e2} - \delta_{e1} \times \frac{C_d}{I}$$

dimana :

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem ganda dan dinding geser khusus, dari tabel 9 SNI 1726-2012 didapatkan nilai $C_d = 5,5$ dan dari tabel 2 SNI 1726-2012 didapat nilai $I = 1$. Dari tabel 16 SNI 1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times h_{sx}$$

dimana : h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

Untuk tinggi tingkat 3,5 m, simpangan ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times 3,5$$

$$= 0,07 \text{ m}$$

$$= 70 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program ETABS v15, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

Tabel 7.6. Kontrol Batas Simpangan Semua Lantai

Lt	$\Delta\delta_x$ mm	$\Delta\delta_y$ mm	Δ_x mm	Δ_y mm	Δ_a mm	$\Delta_x \leq \Delta_a$	$\Delta_y \leq \Delta_a$
30	2,34	2,26	12,86	12,42	70	OK	OK
29	2,37	2,31	13,04	12,71	70	OK	OK
28	2,47	2,41	13,58	13,27	70	OK	OK
27	2,51	2,45	13,78	13,49	70	OK	OK
26	2,55	2,50	14,05	13,76	70	OK	OK
25	2,58	2,52	14,19	13,85	70	OK	OK
24	2,60	2,54	14,32	13,98	70	OK	OK
23	2,62	2,55	14,38	14,05	70	OK	OK
22	2,61	2,55	14,36	14,04	70	OK	OK
21	2,72	2,65	14,96	14,55	70	OK	OK
20	2,55	2,47	14,03	13,59	70	OK	OK
19	2,54	2,46	13,96	13,51	70	OK	OK
18	2,52	2,44	13,83	13,39	70	OK	OK
17	2,48	2,40	13,63	13,19	70	OK	OK
16	2,44	2,36	13,41	12,98	70	OK	OK
15	2,39	2,31	13,15	12,69	70	OK	OK
14	2,34	2,26	12,88	12,41	70	OK	OK
13	2,28	2,20	12,56	12,11	70	OK	OK
12	2,22	2,14	12,20	11,76	70	OK	OK
11	2,17	2,09	11,91	11,47	70	OK	OK
10	2,02	1,94	11,11	10,69	70	OK	OK
9	1,92	1,85	10,57	10,18	70	OK	OK
8	1,81	1,74	9,93	9,58	70	OK	OK
7	1,66	1,61	9,12	8,83	70	OK	OK
6	1,49	1,45	8,19	7,95	70	OK	OK
5	1,30	1,27	7,14	6,97	70	OK	OK
4	1,09	1,08	6,01	5,93	70	OK	OK
3	0,87	0,88	4,79	4,82	70	OK	OK
2	0,62	0,65	3,40	3,55	70	OK	OK
1	0,35	0,37	1,93	2,03	70	OK	OK

7.3.6. Kontrol distribusi sistem ganda

Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen khusus harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

Tabel 7.7. Kontrol Distribusi Sistem Ganda

Lt	E _X	E _Y	SW _X	SW _Y	C _X	C _Y
	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf
30	110,4	109,9	102,0	92,0	8,5	17,9
29	199,3	199,4	116,0	112,4	83,3	86,9
28	271,5	272,8	166,4	165,6	105,1	107,3
27	327,2	330,0	209,1	209,1	118,1	120,9
26	369,9	373,8	242,6	243,5	127,3	130,3
25	403,1	407,8	268,0	271,4	135,1	136,5
24	429,2	434,5	288,8	293,5	140,4	141,0
23	449,3	455,1	305,3	310,4	144,0	144,7
22	464,9	471,0	318,9	323,6	146,0	147,4
21	477,5	483,7	347,0	353,4	130,6	130,2
20	488,9	495,1	254,8	263,8	234,1	231,3
19	501,2	507,6	284,9	295,5	216,3	212,0
18	514,6	521,2	302,1	312,5	212,5	208,7
17	529,9	536,7	318,5	329,3	211,4	207,4
16	547,7	554,8	338,8	350,0	208,9	204,8
15	568,6	575,9	362,1	377,0	206,5	198,9
14	592,6	600,1	389,3	405,0	203,3	195,1
13	618,9	626,8	420,4	436,1	198,6	190,7
12	647,2	655,4	455,6	471,1	191,6	184,3
11	676,8	685,5	500,1	515,9	176,7	169,6
10	709,2	718,4	499,7	520,6	209,4	197,8
9	744,3	754,2	553,3	574,6	191,0	179,6
8	778,7	789,5	602,4	623,0	176,3	166,5
7	811,4	823,0	648,6	668,4	162,7	154,6

Tabel 7.8. Kontrol Distribusi Sistem Ganda

Lt	E _x tonf	E _y tonf	SW _x tonf	SW _y tonf	C _x tonf	C _y tonf
6	841,5	854,0	694,5	713,7	147,0	140,3
5	868,3	881,9	741,0	763,9	127,3	118,0
4	890,8	905,5	780,2	802,8	110,6	102,7
3	907,5	923,5	816,7	837,1	90,9	86,4
2	917,6	934,5	842,7	853,5	74,9	81,0
1	921,1	938,5	811,5	810,6	109,6	127,9
Σ	17579,1	17820,1	12981,2	13299,6	4597,9	4520,4
% terhadap geser total			73,84%	74,63%	26,16%	25,37%

Karena total gaya yang diterima struktur rangka dalam arah x dan y yaitu 26,16% dan 25,37% telah melebihi nilai 25%, maka struktur telah memenuhi persyaratan distribusi gaya pada sistem ganda.

BAB VIII

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

8.1. Umum

Struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Struktur utama memiliki fungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Pada bab ini akan dibahas mengenai kekuatan struktur utama mencakup kebutuhan tulangan yang diperlukan pada komponen tersebut. Komponen utama terdiri dari:

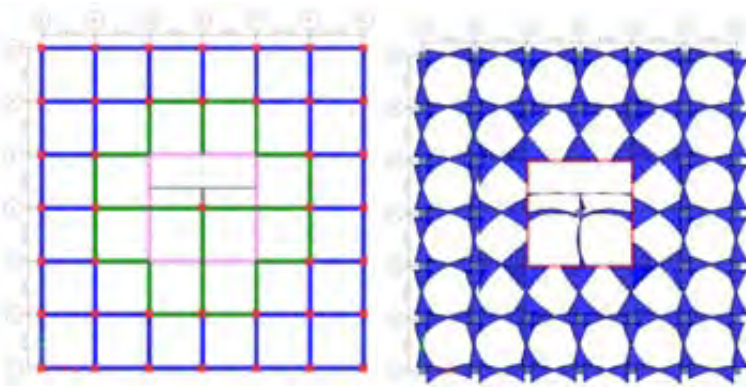
- Lantai integral
 - Lantai Integral A (normal)
 - Lantai Integral B (dekat shearwall)
- Kolom
 - Kolom A (lantai ke 1 s/d 10 terhitung dari atas)
 - Kolom B (lantai ke 11 s/d 20 terhitung dari atas)
 - Kolom C (lantai ke 21 s/d 30 terhitung dari atas)
- Shearwall

8.2. Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Direncanakan dimensi balok induk sebesar 30/50 dan bentang 400 cm dengan menggunakan sistem pracetak dengan lantai integral.

8.2.1. Data perencanaan

Perencanaan balok induk didesain dengan menggunakan tulangan rangkap dengan memperhitungkan gaya gempa arah bolak balik yang akan menghasilkan momen positif dan negatif. Penulangan diatur sedemikian rupa sehingga tulangan tumpuan dapat diteruskan ke tulangan lapangan. Penulangan tumpuan balok induk dari lantai integral A dan lantai integral B juga harus sinkron sehingga sambungan pada kolom nantinya dapat digunakan untuk kedua jenis lantai integral.



Gambar 8.1. Denah pembalokan dan distribusi gaya dalam balok induk.

➤ Dari analisa ETABS didapat nilai gaya dalam ultimate sebagai berikut:

▪ Balok induk lantai integral A (biru):

$$M_u^{(-)} \text{ tumpuan} = 144,79 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(+)} \text{ tumpuan} = 107,16 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(-)} \text{ lapangan} = 66,26 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(+)} \text{ lapangan} = 76,16 \text{ kNm}$$

$$V_u \text{ tumpuan} = 118,10 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ lapangan} = 113,37 \text{ kN}$$

$$T_u = 12,518 \text{ kN}$$

▪ Balok induk lantai integral B (merah):

$$M_u^{(-)} \text{ tumpuan} = 275,35 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(+)} \text{ tumpuan} = 241,10 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(-)} \text{ lapangan} = 147,37 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(+)} \text{ lapangan} = 162,11 \text{ kNm}$$

$$V_u \text{ tumpuan} = 199,17 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ lapangan} = 155,20 \text{ kN}$$

$$T_u = 18,924 \text{ kN}$$

➤ Data perencanaan yang diperlukan meliputi :

$$\text{Mutu beton (fc')} = 40 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensi balok} = 30/50 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal decking} = 50 \text{ mm}$$

Diameter tul. longitudinal = 19 mm

Diameter tul. transversal = 10 mm

- Dari perhitungan pada bab sebelumnya didapatkan :

$$\rho_{\text{balance}} = 0,0404 \qquad \rho_{\text{min}} = 0,0041$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,0303 \qquad m = 11,471$$

- Lebar efektif balok L terbalik (SNI 2847-2013 ps. 8.12.3):

$$be_1 = (1/12) \times L_b + b = (1/12) \times 3600 + 300 = 600 \text{ mm}$$

$$be_2 = 6 \times t_p + b = 8 \times 14 + 300 = 900 \text{ mm}$$

$$be_3 = (1/2) \times s_w + b = (1/2) \times 820 + 300 = 710 \text{ mm}$$

maka diambil $b_e = 600 \text{ mm}$

Sebagai contoh, diambil analisa balok induk dengan gaya dalam terbesar yaitu pada rantai integral B (dekat shear wall).

8.2.2. Penulangan lentur balok induk rantai integral B

a. Momen tumpuan, balok dianggap persegi

Direncanakan:

$$M_u^{(-)} = 275,35 \text{ kNm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan atas 8D19} \rightarrow A_s = 2268 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bawah 6D19} \rightarrow A_s' = 1701 \text{ mm}^2$$

$$d = 500 - 50 - 10 - 19/2 - (19+40)/2 = 401 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 19/2 + (19+40)/2 = 99 \text{ mm}$$

Analisa tulangan rangkap sebagai berikut:

$$A_s f_y = 0,85 f_c' \beta_1 c b + A_s' \left(\frac{c - d'}{c} \right) 600$$

Dengan penyelesaian persamaan kuadrat didapat $c = 105,5 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 c = 0,7643 \times 105,5 = 80,60 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) = 600 \left(\frac{105,5 - 99}{105,5} \right) = 36,74 \text{ MPa}$$

Tulangan bawah dalam keadaan tekan dan belum leleh

$$A_{s1} = A_s - A_s' \frac{f_s'}{f_y} = 2268 - 1701 \times \frac{36,74}{390} = 2108 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_{s1} f_y (d - a/2) + A_s' f_s' (d - d') \\
 &= 2108 \times 390 \times (401 - 80,60 / 2) + 1702 \times 36,74 \times (401 - 99) \\
 &= 315,41 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$c/d = 105,5/401 = 0,263 < 0,375 \rightarrow \phi = 0,9$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 315,41 = 283,87 \text{ kNm} > M_u = 275,35 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan di atas kuat menahan beban ultimate balok.

b. Momen positif tumpuan, balok dianggap L terbalik palsu

Direncanakan:

$$M_u^{(+)} = 241,10 \text{ kNm}$$

$$b_e = 600 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan bawah } 6D19 \rightarrow A_s = 1701 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan atas } 8D19 \rightarrow A_s' = 2268 \text{ mm}^2$$

$$d = 500 - 50 - 10 - 19/2 - (19+40)/2 = 401 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 19/2 + (19+40)/2 = 99 \text{ mm}$$

Analisa tulangan rangkap sebagai berikut:

$$A_s f_y = 0,85 f_c' \beta_1 c b_e + A_s' \left(\frac{c - d'}{c} \right) 600$$

Dengan penyelesaian persamaan kuadrat didapat $c = 73,25 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 c = 0,7643 \times 73,25 = 55,98 \text{ mm} \leq h_f = 100 \text{ mm}$$

$a \leq h_f = 100 \text{ mm} \rightarrow$ balok L terbalik palsu

$$f_s' = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) = 600 \left(\frac{73,25 - 99}{73,25} \right) = -210,98 \text{ MPa}$$

Tulangan atas dalam keadaan tarik dan belum leleh

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s f_y (d - a/2) + A_s' f_s' (d' - a/2) \\
 &= 1701 \times 390 \times (401 - 56 / 2) + 2268 \times 210,98 \times (99 - 56 / 2) \\
 &= 281,46 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$c/d = 73,25/401 = 0,183 < 0,375 \rightarrow \phi = 0,9$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 281,46 = 253,31 \text{ kNm} > M_u = 241,1 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan di atas kuat menahan beban ultimate balok.

c. Momen negatif lapangan, balok dianggap persegi

Direncanakan:

$$M_u^{(-)} = 147,37 \text{ kNm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan atas 4D19} \rightarrow A_s = 1134 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bawah 4D19} \rightarrow A_s' = 1134 \text{ mm}^2$$

$$d = 500 - 50 - 10 - 19/2 = 430,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 19/2 + (3 \cdot 19 + 40)/2 = 93,75 \text{ mm}$$

Analisa tulangan rangkap sebagai berikut:

$$A_s f_y = 0,85 f_c' \beta_1 c b + A_s' \left(\frac{c - d'}{c} \right) 600$$

Dengan penyelesaian persamaan kuadrat didapat $c = 76,47 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 c = 0,7643 \times 76,47 = 58,44 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) = 600 \left(\frac{76,47 - 93,75}{76,47} \right) = -135,62 \text{ MPa}$$

Tulangan bawah dalam keadaan tarik dan belum leleh

$$M_n = A_s f_y (d - a/2) + A_s' f_s' (d' - a/2)$$

$$= 1134 \times 390 \times (431 - 58/2) + 1134 \times 135,62 \times (94 - 58/2)$$

$$= 187,41 \text{ kNm}$$

$$c/d = 76,47/430,5 = 0,177 \rightarrow \phi = 0,9$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 187,41 = 168,67 \text{ kNm} > M_u = 147,37 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan di atas kuat menahan beban ultimate balok.

d. Momen positif lapangan, balok dianggap L terbalik palsu

Direncanakan:

$$M_u^{(+)} = 162,11 \text{ kNm}$$

$$b_e = 600 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan bawah 4D19} \rightarrow A_s = 1134 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan atas 4D19} \rightarrow A_s' = 1134 \text{ mm}^2$$

$$d = 500 - 50 - 10 - 19/2 - (3 \cdot 19 + 40)/2 = 406,25 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 19/2 = 69,5 \text{ mm}$$

Analisa tulangan rangkap sebagai berikut:

$$A_s f_y = 0,85 f_c' \beta_1 c b_e + A_s' \left(\frac{c - d'}{c} \right) 600$$

Dengan penyelesaian persamaan kuadrat didapat $c = 47,96 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 c = 0,7643 \times 47,96 = 36,66 \text{ mm}$$

$a \leq h_f = 100 \text{ mm} \rightarrow$ balok L terbalik palsu

$$f_s' = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) = 600 \left(\frac{47,96 - 69,5}{47,96} \right) = -269,40 \text{ MPa}$$

Tulangan bawah dalam keadaan tarik dan belum leleh

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y (d - a/2) + A_s' f_s' (d' - a/2) \\ &= 1134 \times 390 \times (406 - 37/2) + 1134 \times 269,4 \times (70 - 37/2) \\ &= 187,21 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$c/d = 47,96/406,25 = 0,1181 < 0,375 \rightarrow \phi = 0,9$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 187,21 = 168,49 \text{ kNm} > M_u = 162,11 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan di atas kuat menahan beban ultimate balok.

8.2.3. Penulangan geser balok induk lantai integral B

a. Tulangan geser tumpuan

Direncanakan:

$$V_u = 199,17 \text{ kN}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$b_e = 600 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$L_n = 4000 - 800 = 3200 \text{ mm}$$

$$W_u = 10,5 \text{ kN/m}$$

$$f_{ys} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan atas 8D19} \rightarrow A_s = 2268 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bawah 6D19} \rightarrow A_s' = 1701 \text{ mm}^2$$

$$d = 500 - 50 - 10 - 19/2 - (19+40)/2 = 401 \text{ mm}$$

$$d_2 = 500 - 50 - 10 - 19/2 + (19+40)/2 = 401 \text{ mm}$$

$$d_s = 500 - 50 - 10/2 = 445 \text{ mm}$$

Gaya lintang tumpuan:

$$a_1 = \frac{A_s 1,25 f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{2268 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 40 \times 300} = 108,41 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = A_s 1,25 f_y (d - a_1/2) \\ = 2268 \times 1,25 \times 390 \times (401 - 108,41/2) = 383,47 \text{ kNm}$$

$$a_2 = \frac{A_s 1,25 f_y}{0,85 f'_c b_e} = \frac{1701 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 40 \times 600} = 40,65 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = A_s 1,25 f_y (d_2 - a_2/2) \\ = 1701 \times 1,25 \times 390 \times (401 - 40,65/2) = 315,70 \text{ kNm}$$

$$V_{ekn} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + \frac{W_u L_n}{2} \\ = \frac{383,47 + 315,7}{3,2} + \frac{10,5 \times 3,2}{2} = 235,28 \text{ kN} > V_u$$

maka diambil V_u tumpuan = 235,28 kN

Kuat geser beton:

Syarat 1:

$$V_{ekn}/2 = 235,28/2 = 117,64 \text{ kN}$$

$$\frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} = \frac{383,47 + 315,7}{3,2} = 218,49 > V_{ekn}/2 \quad (\text{OK})$$

Syarat 2:

$N_u < 0,2 A_g f'_c \rightarrow$ Nu balok sangat kecil \rightarrow OK

maka

$$V_C = (1/6) \sqrt{f'_c} b_w d = (1/6) \times \sqrt{40} \times 300 \times 445 = 140,72 \text{ kN}$$

$$\phi V_C = 0,75 \times 140,72 = 105,54 \text{ kN}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan:

$$V_u > \phi V_C$$

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_C}{\phi} = \frac{235,28 - 105,54}{0,75} = 172,99 \text{ kN}$$

$$A_{v1} = \frac{75\sqrt{f'_c} bS}{1200 f_y} = \frac{75 \times \sqrt{40} \times 300 \times 1000}{1200 \times 240} = 494,11 \text{ mm}^2$$

$$A_{v2} = \frac{bS}{3f_y} = \frac{300 \times 1000}{3 \times 240} = 416,67 \text{ mm}^2$$

$$A_{v3} = \frac{V_s S}{f_y d} = \frac{172990 \times 1000}{240 \times 445} = 1619,76 \text{ mm}^2$$

maka diambil $A_v = 1619,76 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan:

Dipasang sengkang 3 kaki Ø10

$$s = \frac{n(1/4)\pi D^2 S}{A_v} = \frac{3 \times (1/4) \times \pi \times 10^2 \times 1000}{1619,76} = 145,5 \text{ mm}$$

daerah plastis = $2h = 2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$

Syarat spasi tumpuan:

$$s < d/4 = 445/4 = 111,25 \text{ mm}$$

$$s < 6D_{\min} = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

$$s < 150 \text{ mm}$$

maka dipasang spasi 100 mm

Sehingga dipasang tulangan transversal tumpuan 3Ø10-100 sepanjang 1000 mm dari muka kolom, dan sengkang pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

b. Tulangan geser lapangan

Direncanakan:

$$V_u = 155,20 \text{ kN}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$f_{ys} = 240 \text{ MPa}$$

$$d_s = 500 - 50 - 10/2 = 445 \text{ mm}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan:

$$V_u > \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{15,20 - 105,54}{0,75} = 66,21 \text{ kN}$$

$$A_{V1} = \frac{75\sqrt{f'_c} bS}{1200 f_y} = \frac{75 \times \sqrt{40} \times 300 \times 1000}{1200 \times 240} = 494,11 \text{ mm}^2$$

$$A_{V2} = \frac{bS}{3 f_y} = \frac{300 \times 1000}{3 \times 240} = 416,67 \text{ mm}^2$$

$$A_{V3} = \frac{V_s S}{f_y d} = \frac{66210 \times 1000}{240 \times 445} = 619,96 \text{ mm}^2$$

maka diambil $A_v = 619,96 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan:

Dipasang sengkang 2 kaki Ø10

$$s = \frac{n(1/4)\pi d^2 S}{A_v} = \frac{2 \times (1/4) \times \pi \times 10^2 \times 1000}{619,96} = 253,4 \text{ mm}$$

Kontrol spasi:

$$2V_c = 2 \times 140,72 = 281,44 \text{ kN} > V_s$$

$$s < d/2 = 445/2 = 222,5 \text{ mm}$$

$$s < 600 \text{ mm}$$

maka dipasang spasi 200 mm

Sehingga dipasang tulangan transversal lapangan Ø10-200.

8.2.4. Penulangan torsi balok induk lantai integral B

Direncanakan

$$T_u = 18,924 \text{ kNm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan penampang

$$A_{cp} = 300 \times 500 = 150000 \text{ mm}^2$$

$$p_{cp} = 2 \times (300 + 500) = 1600 \text{ mm}$$

$$\phi 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right) = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times \left(\frac{150000^2}{1600} \right) \\ = 22,012 \text{ kNm} > T_u$$

Maka tulangan torsi dapat diabaikan.

8.2.5. Kontrol retak

Direncanakan:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.3, nilai ϕM_n dari elemen yang ditinjau harus memenuhi momen retak M_{cr} yang ditentukan sebagai berikut:

$$f_{cr} = 0,62 \lambda \sqrt{f'_c} = 0,62 \times 1 \times \sqrt{40} = 3,921 \text{ MPa}$$

$$I_g = (1/12)bh^3 = (1/12) \times 300 \times 500^3 = 3,125 \times 10^9 \text{ mm}^2$$

$$M_{cr} = \frac{f_{cr} I_g}{y_t} = \frac{3,921 \times 3,125 \times 10^9}{250}$$

$$= 49,02 \text{ MPa} \leq \phi M_n = 147,37 \text{ MPa (OK)}$$

Maka balok induk telah memenuhi persyaratan momen retak.

8.2.6. Rekapitulasi analisa struktur balok induk

Dari berbagai analisa di atas, dapat disimpulkan rekapitulasi penulangan balok induk yaitu pada tabel berikut.

Tabel 8.1. Rekapitulasi Analisa Struktur Balok Induk

Parameter	Sat	Balok Induk	
		A	B
b	mm	300	300
h	mm	500	500
f'_c	MPa	40	40
f_y	MPa	390	390
cover	mm	50	50
b_e	mm	600	600
<i>Penulangan Lentur</i>			
<u>Momen negatif tumpuan</u>			
$M_u^{(-)}$	kNm	144,79	275,35
Tul atas		4D19	8D19
A_s	mm ²	1134	2268

Tabel 8.1. Rekapitulasi Analisa Struktur Balok Induk (lanjutan).

Parameter	Sat	Balok Induk	
		A	B
Tul bawah		3D19	6D19
A_s'	mm^2	851	1701
de	mm	430,5	401
d'	mm	69,5	99
c	mm	63,23	105,5
f_s	MPa	-59,5	36,74
kondisi		tarik dan belum leleh	tekan dan belum leleh
M_n	kNm	182,02	315,41
c/d		0,1469	0,263
ϕ		0,9	0,9
ϕM_n	kNm	163,82	283,87
$\phi M_n \geq M_u$	kontrol	OK	OK
Momen positif tumpuan			
$M_u^{(+)}$	kNm	107,16	241,10
Tul bawah		3D19	6D19
A_s	mm^2	851	1701
Tul atas		4D19	8D19
A_s'	mm^2	1134	2268
d	mm	430,5	401
d'	mm	69,5	99
c	mm	63,53	73,25
f_s	MPa	-56,37	-210,98
kondisi		tarik dan belum leleh	tarik dan belum leleh
M_n	kNm	137,65	281,46
c/d		0,1476	0,183
ϕ		0,9	0,9
ϕM_n	kNm	123,88	253,31
$\phi M_n \geq M_u$	kontrol	OK	OK

Tabel 8.1. Rekapitulasi Analisa Struktur Balok Induk (lanjutan).

Parameter	Sat	Balok Induk	
		A	B
<u>Momen negatif lapangan</u>			
M _u ⁽⁻⁾	kNm	66,26	147,37
Tul atas		2D19	4D19
A _s	mm ²	567	1134
Tul bawah		2D19	4D19
A _s '	mm ²	567	1134
d	mm	430,5	430,5
d'	mm	69,5	93,75
c	mm	47,96	76,47
f' _s	MPa	-269,40	-135,62
kondisi		tarik dan belum leleh	tarik dan belum leleh
M _n	kNm	98,97	187,41
c/d		0,1114	0,1776
φ		0,9	0,9
φM _n	kNm	89,07	168,67
φM _n ≥M _u	kontrol	OK	OK
<u>Momen positif lapangan</u>			
M _u ⁽⁺⁾	kNm	76,16	162,11
Tul atas		2D19	4D19
A _s	mm ²	567	1134
Tul bawah		2D19	4D19
A _s '	mm ²	567	1134
d	mm	430,5	406,25
d'	mm	69,5	69,5
c	mm	35,31	47,96
f' _s	MPa	-580,91	-269,40
kondisi		tarik dan sudah leleh	tarik dan belum leleh
M _n	kNm	104,61	187,21
c/d		0,082	0,1181
Φ		0,9	0,9
φM _n	kNm	94,15	168,49
φM _n ≥M _u	kontrol	OK	OK

Tabel 8.1. Rekapitulasi Analisa Struktur Balok Induk (lanjutan).

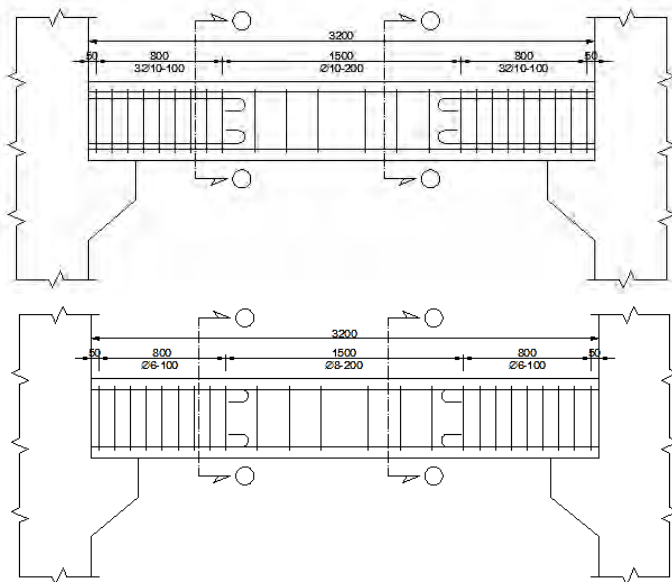
Parameter	Sat	Balok Induk	
		A	B
<i>Penulangan Geser</i>			
<u>Tulangan geser tumpuan</u>			
V _u	kN	118,10	199,17
L _n	mm	3200	3200
W _u	kN/m	10,5	10,5
f _{ys}	MPa	240	240
A _s	mm2	1134	2268
A _s '	mm2	851	1701
d	mm	430,5	401
d ₂	mm	430,5	401
d _s	mm	445	445
a ₁	mm	54,20	108,4
M _{pr1}	kNm	223,03	383,47
a ₂	mm	20,33	40,65
M _{pr2}	kNm	174,30	315,70
V _{ekn}	kN	140,96	235,28
V _u	kN	140,96	235,28
V _{ekn} /2	kN	70,58	117,64
ΣM _{pr} /L _n	kN	124,17	218,49
V _c	kN	140,72	140,72
φV _c	kN	105,54	105,54
φV _c /2	kN	47,22	52,77
kondisi		$V_U > \phi V_C$	$V_U > \phi V_C$
V _s	kN	47,22	172,99
A _{v1}	mm ²	494,11	494,1
A _{v2}	mm ²	416,67	416,67
A _{v3}	mm ²	442,15	1619,76
Sengkang		2 kaki Ø6	3 kaki Ø10
s butuh	mm	114,4	145,5
s max	mm	111,25	111,25
s pasang	mm	100	100

Tabel 8.1. Rekapitulasi Analisa Struktur Balok Induk (lanjutan).

Parameter	Sat	Balok Induk	
		A	B
<u>Tul. geser lapangan</u>			
V _u	kN	113,37	155,20
f _{ys}	MPa	240	240
d _s	Mm	445	445
V _c	kN	140,72	140,72
ϕV _c	kN	105,54	105,54
ϕV _c /2	kN	52,77	52,77
kondisi		$V_U > \phi V_C$	$V_U > \phi V_C$
V _s	kN	10,44	66,21
A _{v1}	mm ²	494,1	494,11
A _{v2}	mm ²	416,67	416,67
A _{v3}	mm ²	97,74	619,96
A _v	mm ²	494,11	619,96
sengkang		2 kaki Ø6	2 kaki Ø10
s butuh	mm	203,5	253,4
s max	mm	222,5	222,5
s pasang	mm	200	200
<i>Kontrol Torsi</i>			
T _u	kNm	12,518	18,924
A _{cp}	mm ²	150000	150000
p _{cp}	mm	1600	1600
T _u max	kNm	22,012	22,012
T _u max ≥ T _u	kontrol	OK	OK
<i>Kontrol Retak</i>			
f _{cr}	MPa	3,921	3,921
I _g	mm ⁴	3,125	3,125
M _{cr}	MPa	49,02	49,02
ϕM _n ≥ M _{cr}	kontrol	OK	OK

Tabel 8.2. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

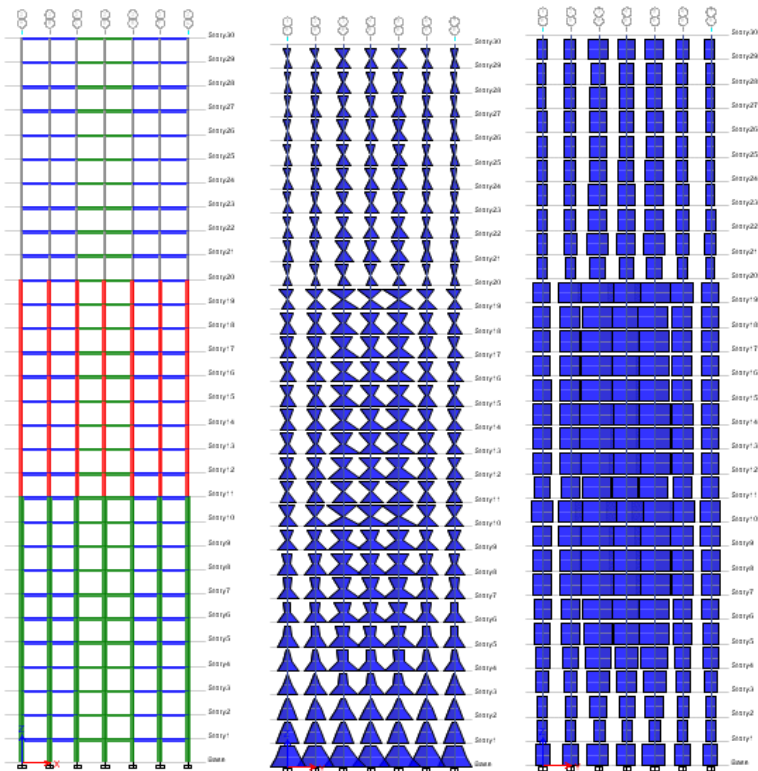
Jenis	Lokasi	Posisi	Tul. Lentur	Tul. Geser	Tul. Torsi
Lantai Integral A	Tumpuan	Atas	4D19	Ø6-100	-
		Bawah	3D19		
	Lapangan	Atas	2D19	Ø8-200	
		Bawah	2D19		
Lantai Integral B	Tumpuan	Atas	8D19	3Ø10-100	-
		Bawah	6D19		
	Lapangan	Atas	4D19	Ø10-200	
		Bawah	3D19		

**Gambar 8.2.** Detail Penulangan (dari atas) Balok Induk Lantai Integral A dan B.

8.3. Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur vertikal yang memikul beban gravitasi dan gempa serta meneruskannya beban struktur di atasnya ke elemen struktur di bawahnya. Dalam tugas akhir ini, direncanakan dimensi dan tipe kolom dibagi menjadi 3 tipe setiap 10 lantai.

8.3.1. Data perencanaan



Gambar 8.3. Potongan Rangka dan Distribusi Gaya Dalam

Data kolom perencanaan dimensi kolom tersebut adalah sebagai berikut :

Mutu beton (f'_c)	: 40 MPa
Mutu tulangan lentur (f_y)	: 390 MPa
Mutu tulangan geser tump (f_{ys})	: 690 MPa (Grade 100)
Mutu tulangan geser lap (f_{ys})	: 390 MPa
Dimensi kolom A (abu-abu)	: 40/40 cm
Dimensi kolom B (oranye)	: 60/60 cm
Dimensi kolom C (merah)	: 80/80 cm
Tebal decking	: 50 mm
Tinggi kolom	: 350 cm
Tinggi bersih kolom	: 300 cm

Sebagai contoh, diambil analisa pada kolom dengan gaya dalam terbesar yaitu Kolom C. Data kolom perencanaan dimensi kolom C tersebut adalah sebagai berikut :

Dimensi kolom	: 80/80 cm
Diameter tulangan utama (D)	: 25 mm

Dengan menggunakan program ETABS diperoleh besarnya gaya dalam pada Kolom A adalah sebagai berikut:

Tabel 8.3. Gaya tekan dan momen Kolom A pada berbagai kombinasi beban

Kombinasi Beban	P_u (kN)	M_{u1} (kNm)	M_{u2} (kNm)
1,4D	1552,0	42,77	30,08
1,2D+1,6L	1772,7	45,25	42,73
(1,2+0,2S _{DS})D+L±E	2343,3	153,19	150,47
(0,9-0,2S _{DS})D+L±E	1103,6	132,44	133,67
Envelope	2343,3	153,19	150,47

Dan gaya geser dan torsi ultimate sebagai berikut:

$$V_{u1} = 137,78 \text{ kN}$$

$$V_{u2} = 78,33 \text{ kN}$$

$$T_u = 2,594 \text{ kNm}$$

8.3.2. Kontrol Dimensi Kolom C

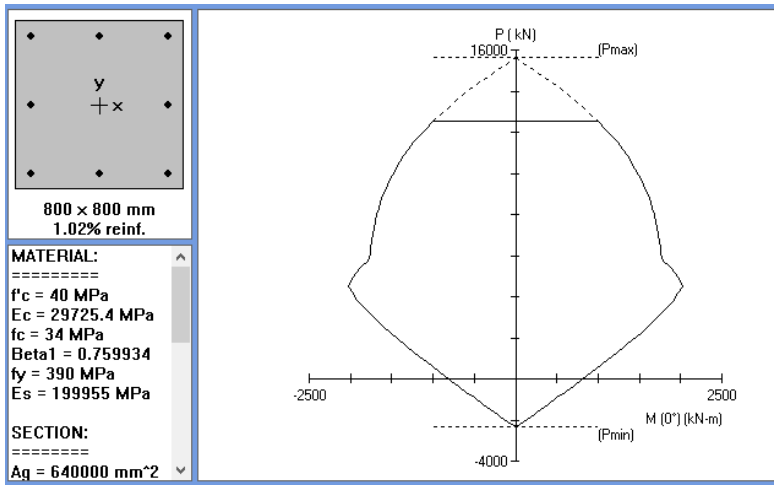
Persyaratan pada SNI 2847-2013 pasal 21.6.1:

- Kolom sebagai penahan gaya aksial dan gempa
- $P_u > A_g f'_c / 10$
 $9246 > 800 \times 800 \times 40 / 10 = 2560 \text{ kN} \quad (\text{OK})$

Kontrol dimensi kolom:

- Penampang terpendek = 800 mm > 300 mm (OK)
- Ratio $b/h = 800/800 = 1 > 0,4$ (OK)

8.3.3. Penulangan longitudinal kolom C



Gambar 8.4. Diagram Interaksi Aksial – Momen Kolom C

Rasio tulangan longitudinal harus memenuhi syarat SNI 2847-2013 pasal 10.9.1 yaitu antara 1%- 8%. Dengan program bantu *spColumn*, berdasarkan kombinasi beban pada **Tabel xx**, maka kolom memerlukan:

Tulangan longitudinal 16D25, dengan $\rho = 1,27 \%$ (OK)

8.3.4. Kontrol kapasitas beban aksial kolom C

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.3.5.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\begin{aligned}\phi P_n (\max) &= 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}] \\ &= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 40 \times (800 \times 800 - 8155) + 390 \times 8155] \\ &= 12824,9 \text{ kN} > 9246,0 \text{ kN (OK)}\end{aligned}$$

8.3.5. Kontrol “*strong column weak beam*” kolom C

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847-2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa:

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

Nilai M_{nc} didapat dari gambar xx:

$$\sum M_{nc} = \frac{1824 + 1824}{0,65} = 5612,31 \text{ kNm}$$

Nilai M_{nb} dicari dari jumlah M_{nb}^+ dan M_{nb}^- balok yang menyatu dengan kolom, diperoleh bahwa:

$$M_{nb}^+ = 253,31 \text{ kNm}$$

$$M_{nb}^- = 283,87 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nb} = \frac{253,31 + 283,87}{0,9} = 596,87 \text{ kNm}$$

Sehingga

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$5612,31 \geq 1,2 \times 596,87 = 716,24 \text{ kNm (OK)}$$

Penulangan di atas memenuhi syarat “*Strong Column Weak Beam*”

8.3.6. Kontrol gaya geser rencana

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.1, harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya geser maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan-pertemuan (*joints*) di setiap ujung komponen struktur.

Dengan bantuan *spColumn*, dengan $f_s = 1,25f_y$, didapat:

$$M_{prc} = 782 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{2M_{prc}}{L_n} = \frac{2 \times 1901}{3,0} = 1267,33 \text{ kN}$$

Gaya geser balok :

$$M_{prb}^+ = 315,70 \text{ kNm}$$

$$M_{prb}^- = 383,47 \text{ kNm}$$

$$V_u = 2 \times \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{l_1} \times \frac{l_2}{l_1 + l_2}$$

$$V_u = 2 \times \frac{315,7 + 383,47}{3,0} \times \frac{3,0}{(3,0 + 3,0)}$$

$$V_u = 233,06 \text{ kN}$$

Gaya geser dari analisa struktur:

$$V_u = \sqrt{137,66^2 + 78,33^2} = 158,39 \text{ kN}$$

Nilai gaya geser diambil nilai terbesar dari ketiga nilai di atas yaitu 1267,33 kN.

8.3.7. Penulangan geser kolom

Daerah sendi plastis menurut SNI 2847-2013 ps. 21.6.4.1:

$$l_0 \geq h = 800 \text{ mm}$$

$$l_0 \geq l_n/6 = 3000/6 = 500 \text{ mm}$$

$$l_0 \geq 450 \text{ mm}$$

$$\text{diambil } l_0 = 800 \text{ mm}$$

Spasi daerah sendi plastis menurut SNI 2847-2013 ps. 21.6.4.3:

$$s \leq b/4 = 800/4 = 200 \text{ mm}$$

$$s \leq 6D_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$h_x = (600 - 2 \times 50 - 16)/2 = 342 \text{ mm} < 350 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 342}{3} = 102,7 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq s \leq 150 \text{ mm}$$

diambil spasi daerah sendi plastis = 100 mm

Luas tulangan geser yang diperlukan menurut SNI 2847-2013 ps. 21.6.4.4:

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0,3 \times \frac{s b_c f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \\ &= 0,3 \times \frac{100 \times 681 \times 40}{690} \left[\left(\frac{640000}{490000} \right) - 1 \right] = 365,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0,09 \times \frac{s b_c f_c'}{f_{yt}} \\ &= 0,09 \times \frac{100 \times 681 \times 40}{690} = 358,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

diambil nilai A_{sh} yang terbesar yaitu $365,75 \text{ mm}^2$

Maka untuk daerah sendi plastis sepanjang 800mm dari muka joint, dipasang 3D13-100 Grade 100 ($A_{sh} = 398,2 \text{ mm}^2$)

Mengingat beban aksial terfaktor kolom eksterior minimal $9246 \text{ kN} > 2560 \text{ kN}$, maka Nilai V_c diambil sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.2.

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{9246000}{14 \times 640000} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 800 \times 742 = 320,43 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{398,2 \times 690 \times 742}{100} = 2042,8 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \phi(V_s + V_c) &= 0,75 \times (2042,8 + 320,43) \\ &= 1707,4 \text{ kN} > V_u = 1267,33 \text{ kN} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Karena $V_u \geq \phi V_c$ maka kebutuhan tulangan di luar daerah sendi plastis yaitu:

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{1267,33 - 0,75 \times 320,43}{0,75} = 1369,34 \text{ kN}$$

$$A_{v1} = \frac{75 \sqrt{f'_c} b S}{1200 f_y} = \frac{75 \times \sqrt{40} \times 800 \times 1000}{1200 \times 390} = 810,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{v2} = \frac{b S}{3 f_y} = \frac{800 \times 1000}{3 \times 390} = 683,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{v3} = \frac{V_s S}{f_y d} = \frac{1369,34 \times 1000}{390 \times 742} = 4722,4 \text{ mm}^2$$

diambil $A_v = 4722,4 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan:

Dipasang sengkang 4 kaki D16

$$s = \frac{n(1/4)\pi D^2 S}{A_v} = \frac{4 \times (1/4) \times \pi \times 16^2 \times 1000}{4722,4} = 170,3 \text{ mm}$$

Spasi sengkang untuk daerah di luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.5:

$$s \leq b = 800 \text{ mm}$$

$$s \leq 48D_s = 48 \times 16 = 768 \text{ mm}$$

$$s \leq 6D_b = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$$

$$s \leq 150 \text{ mm}$$

diambil $s = 150 \text{ mm}$

Maka di luar daerah sendi plastis digunakan sengkang 4D16-150.

8.3.8. Kontrol penulangan torsi

Pengaruh puntir terbesar yang dapat diabaikan menurut SNI 2847-2013 pasal 11.5.2:

$$A_{cp} = 800 \times 800 = 640000 \text{ mm}^2$$

$$p_{cp} = 2 \times (800 + 800) = 3200 \text{ mm}$$

$$T_u < \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33 A_g \lambda \sqrt{f_c'}}}$$

$$< 0,75 \times 0,33 \times \sqrt{40} \times \left(\frac{640000^2}{2400} \right) \sqrt{1 + \frac{9246000}{0,33 \times 640000 \times \sqrt{40}}}$$

$$< 567,14 \text{ kNm}$$

$$T_u = 2,594 \text{ kNm} < 567,14 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan torsi dapat diabaikan.

8.3.9. Rekapitulasi analisa struktur kolom

Rekapitulasi analisa struktur dan penulangan seluruh tipe kolom ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 8.4. Rekapitulasi Analisa Struktur Semua Tipe Kolom

Parameter	Satuan	Kol A	Kol B	Kol C
<i>Data Perencanaan</i>				
Dimensi	cm	40/40	60/60	80/80
P _u	kN	2343,3	5391,6	9246,0
V _{u1}	kN	82,27	165,34	137,66
V _{u2}	kN	42,88	85,13	78,33
M _{u1}	kNm	153,19	279,17	351,43
M _{u2}	kNm	150,47	154,77	263,35
T _u	kNm	0,352	0,975	2,594
<i>Kontrol Dimensi</i>				
A _g f _c /10	kN	640	1440	2560
P _u > A _g f _c /10	kontrol	OK	OK	OK
b ≥ 400	kontrol	OK	OK	OK
b/h ≥ 0,4	kontrol	OK	OK	OK

Tabel 8.4. Rekapitulasi Analisa Struktur Semua Tipe Kolom (lanjutan).

Parameter	Satuan	Kol A	Kol B	Kol C
<i>Penulangan Longitudinal</i>				
Tul. pakai		4D32	8D25	8D32
ρ	%	2,01	1,13	1,01
$1\% \geq \rho \geq 8\%$	kontrol	OK	OK	OK
Interaksi P-M	kontrol	OK	OK	OK
<i>Kontrol Aksial</i>				
ϕP_n	kN	3401,9	7119,5	12824,9
$\phi P_n \geq P_u$	kontrol	OK	OK	OK
<i>Kontrol SCWB</i>				
M_{nc}	kNm	241	764	1824
ΣM_{nc}	kNm	741,54	2350,77	5612,31
M_{nb}^+	kNm	253,31	253,31	253,31
M_{nb}^-	kNm	283,87	283,87	283,87
ΣM_{nb}	kNm	596,87	596,87	596,87
$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$	kontrol	OK	OK	OK
<i>Gaya Geser Rencana</i>				
M_{prc}	kNm	248	782	782
V_e kolom	kN	165	521,33	1267,33
M_{prb}^+	kNm	315,70	315,70	315,70
M_{prb}^-	kNm	383,47	383,47	383,47
V_u probable	kN	233,06	233,06	233,06
V_u struktur	kN	92,77	185,97	158,39
V_u ambil	kN	233,06	521,33	1267,33
<i>Penulangan Geser</i>				
<u>Daerah sendi plastis</u>				
l_0	mm	450	600	800
s max	mm	100	136	102,7
s ambil	mm	100	100	100
A_{sh1}	mm ²	384,2	372,7	365,75
A_{sh2}	mm ²	148,2	254,1	358,44
Tul. pakai		D16-100 Grade 100	3D10-100 Grade 100	3D13-100 Grade 100

Tabel 8.4. Rekapitulasi Analisa Struktur Semua Tipe Kolom (lanjutan).

Parameter	Satuan	Kol A	Kol B	Kol C
A_{sh}	mm^2	402,1	398,2	398,2
V_c	kN	148,24	233,67	320,43
V_s	kN	948,88	1489,2	2042,8
$\phi(V_s+V_c)$	kN	822,80	1292,1	1707,4
$\phi(V_s+V_c) \geq V_u$	kontrol	OK	OK	OK
<u>Daerah lapangan</u>				
Kondisi		$V_u \geq \phi V_c$	$V_u \geq \phi V_c$	$V_u \geq \phi V_c$
V_s	kN	162,51	461,44	1369,34
A_{v1}	kN	405,4	608,1	810,8
A_{v2}	kN	341,9	512,8	683,7
A_{v3}	kN	1218,4	2176,9	4722,4
senggang		2D10	3D13	4D16
s butuh	mm	128,9	182,92	170,3
s max	mm	132	150	150
Tul. pakai		D10-125	3D13-150	4D16-150
<i>Kontrol Torsi</i>				
A_{cp}	mm^2	160000	360000	640000
p_{cp}	mm	1600	2400	3200
$T_u \max$	kNm	71,317	243,06	567,14
$T_u \max \geq T_u$	kontrol	0,352	0,975	2,594

Tabel 8.5. Rekapitulasi Penulangan Kolom

Ket	Kol A	Kol B	Kol C
Dimensi	40/40 cm	60/60 cm	80/80 cm
Tulangan longitudinal	4D32	8D25	8D32
Senggang tumpuan	D16-100 Grade 100	3D10-100 Grade 100	3D13-100 Grade 100
Senggang lapangan	D10-125	3D13-150	4D16-150

8.4. Perencanaan Dinding Geser

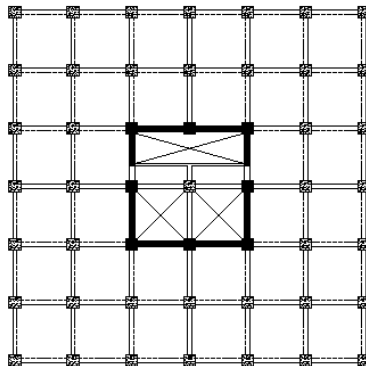
Dinding geser (*shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekan, geser, maupun tekuk. Dalam tugas akhir ini dibatasi tidak mengkaji konsep pracetak dari dinding geser. Namun analisa struktur dinding geser tetap dilakukan untuk mengkaji apakah dimensi yang direncanakan memenuhi kapasitas yang dibutuhkan untuk menahan beban.

8.4.1. Data perencanaan

Data perencanaan adalah sebagai berikut:

Mutu beton (f'_c)	= 40 MPa
Mutu baja (f_y)	= 390 MPa
Bentang dinding geser	= 4 m
Tinggi dinding geser	= 3,5 m
Tebal dinding geser A	= 200 mm (lantai 1-10 dari atas)
Tebal dinding geser B	= 300 mm (lantai 11-20 dari atas)
Tebal dinding geser C	= 400 mm (lantai 21-30 dari atas)

Denah penempatan dinding geser dinding geser ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 8.5. Denah Penempatan Diding Geser (Blok Hitam)

Dinding geser harus mempunyai tulangan geser horisontal dan vertikal. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser pada lantai dasar. Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program ETABS didapatkan kombinasi envelope beban maksimum sebagai berikut:

Tabel 8.6. Output Gaya Dalam Dinding Geser (ETABS)

Dinding Geser	Tebal (mm)	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)
A	200	5729,9	1193,1	2114,9
B	300	10827,3	1720,8	3128,4
C	400	23783,2	2880,7	8584,6

8.4.2. Kuat aksial rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847-2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_{nw} = 0,55 \phi f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{k \ell_c}{32h} \right)^2 \right]$$

dengan:

ℓ_c = panjang kolom

h = tebal dinding geser

k = faktor panjang efektif, $k = 0,8$

$$P_u = 23783,2 \text{ kN}$$

$$A_g = 4000 \times 400 = 1,6 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nw} &= 0,55 \times 0,75 \times 40 \times 1,6 \times 10^6 \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 4000}{32 \times 400} \right)^2 \right] \\ &= 26378,4 \text{ kN} > P_u = 23783,2 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

8.4.3. Pemeriksaan Tebal Dinding Geser

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 2847-2013, pasal 11.9.3)

$$\phi V_n = \phi 0,83 \sqrt{f'_c} h.d \geq V_u$$

dengan:

h = tebal dinding geser

$$d = 0,8 \ell_w$$

$$V_u = 2880,7 \text{ kN}$$

$$d = 0,8 \times 4000$$

$$= 3200 \text{ mm}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 0,83 \sqrt{40} \times 400 \times 3200$$

$$= 5039,41 \text{ kN} > V_u = 2880,7 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

8.4.4. Kuat Geser Beton

Perhitungan kuat geser yang disumbangkan oleh beton dihitung berdasarkan SNI 2847-2013, pasal 11.9.6.

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f'_c} \times h \times d + \frac{N_u \times d}{4 \times \ell_w}$$

$$N_u = P_u = 23783,2 \text{ kN}$$

$$\ell_w = 4000 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times 3000$$

$$= 3200 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,27 \times 1 \times \sqrt{40} \times 400 \times 3200 + \frac{23783,2 \times 3200}{4 \times 4000}$$

$$= 7023,4 \text{ kN}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 7023,4$$

$$= 2633,8 \text{ kN}$$

Karena $0,5 \phi V_c \leq V_u$, maka direncanakan tulangan geser minimum sesuai yang disyaratkan dalam SNI 2847-2013.

8.4.5. Penulangan Geser Dinding Geser

Sedikitnya harus dipakai dua lapis tulangan bila gaya geser di dalam bidang dinding diantara 2 komponen batas melebihi $0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c} x \lambda$, dimana A_{cv} adalah luas netto yang dibatasi oleh tebal dan panjang penampang dinding (SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.2)

$$0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c} x \lambda = 0,17 \times (3000 \times 400) \times \sqrt{30} \\ = 1720,3 \text{ kN} < V_u = 2880,7 \text{ kN}$$

Maka diperlukan minimal dua lapis tulangan.

8.4.6. Penulangan Geser Horizontal

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.9.9 rasio tulangan geser horizontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari 0,0025.

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a) $\ell_w / 5 = 3000 / 5 = 600 \text{ mm}$
- b) $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- c) 450mm.

Dipakai jarak tulangan $s = 250 \text{ mm}$.

Dipakai tulangan horizontal dua lapis 2D13 ($A_s = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{265,5}{400 \times 250} = 0,00265 > \rho_{\min} \text{ (OK)}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} = \frac{265,5 \times 390 \times 3200}{250} = 1325,2 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = \phi(V_c + V_s) \\ = 0,75 \times (1421,91 + 993,9) \\ = 6261,4 \text{ kN} > V_u = 2880,7 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D13 – 250 mm.

8.4.7. Batas Kuat Geser Tiap Dinding Struktural

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.4 rasio luas tulangan geser vertikal terhadap luas beton bruto penampang horizontal tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari:

$$\rho_{\ell} = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{h_w}{\ell_w} \right) (\rho_t - 0,0025) < \rho_t$$

dan $\rho_{\ell} = 0,0025$

$$\rho_{\ell} = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{3500}{4000} \right) (0,00265 - 0,0025) < \rho_t$$

$$\rho_{\ell} = 0,00263 < \rho_t = 0,0025$$

Maka, $\rho_{\ell \min} = 0,00263$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a) $\ell_w / 3 = 3000 / 3 = 1000 \text{ mm}$
- b) $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- c) 450 mm.

Dipakai jarak tulangan $s = 250 \text{ mm}$.

Dipakai tulangan horizontal dua lapis 2D13 ($A_s = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{265,5}{400 \times 250} = 0,00265 > \rho_{\min} \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D13 – 250 mm.

8.4.8. Rekapitulasi analisa dinding geser

Rekapitulasi analisa struktur dan penulangan dinding geser ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 8.7. Rekapitulasi Analisa Dinding Geser.

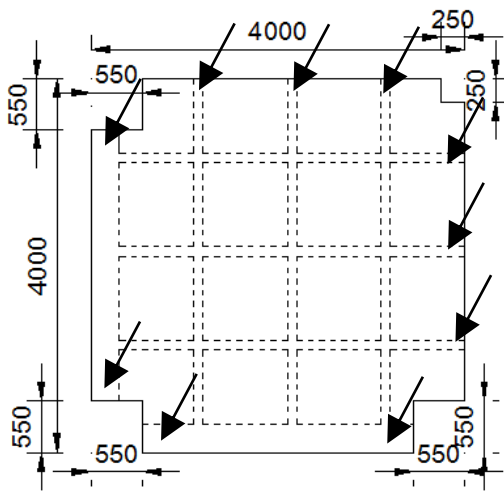
Parameter	Sat	Dinding Geser		
		A	B	C
t_w	mm	200	300	400
h	m	3,5	3,5	3,5
l_c	m	4	4	4
P_u	kN	5729,9	10827,3	23783,2
V_u	kN	1193,1	1720,8	2880,7
M_u	kNm	2114,9	3128,4	8584,6
<u>Kuat aksial</u>				
A_g	mm ²	800000	1200000	1600000
K		0,8	0,8	0,8
ϕP_{nw}	kN	13189,2	19784	26378,4
		OK	OK	OK
<u>Tebal</u>				
D	mm	3200	3200	3200
ϕV_n	kN	2519,7	3779,6	5039,41
		OK	OK	OK
<u>Penulangan Geser</u>				
V_c	kN	2279,3	3865,5	7023,4
$\phi V_c/2$	kN	854,6	1449,6	2633,8
$0,17A_{cv}\sqrt{f'_c}$	kN	860,1	1290,2	1720,3
lapis		2	2	2
D	mm	10	13	13
A_{sh}	mm ²	157,1	265,5	265,5
s_{max}	mm	450	450	450
s pakai	mm	300	350	250
ρ_t		0,00262	0,0025	0,00265
$\rho_t > \rho_{min}$	kontrol	OK	OK	OK
V_s	kN	653,5	946,6	1325,2
V_n	kN	2199,6	3609,1	6261,4
$V_n > V_u$	kontrol	OK	OK	OK

Tabel 8.7. Rekapitulasi Analisa Dinding Geser (lanjutan).

Parameter	Sat	Dinding Geser		
		A	B	C
<u>Batas Kuat Geser</u>				
$\rho_l >$		0,00260	0,0025	0,00263
lapis		2	2	2
D	mm	10	13	13
A_{sv}	mm ²	157,1	265,5	265,5
s_{max}	mm	450	450	450
s pakai	mm	300	350	250
ρ_l		0,00262	0,0025	0,00265
$\rho_l > \rho_{min}$	kontrol	OK	OK	OK

8.5. Pengangkatan

Lantai integral dibuat secara pracetak di pabrik. Elemen lantai integral harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen lantai integral tersebut dari kerusakan.

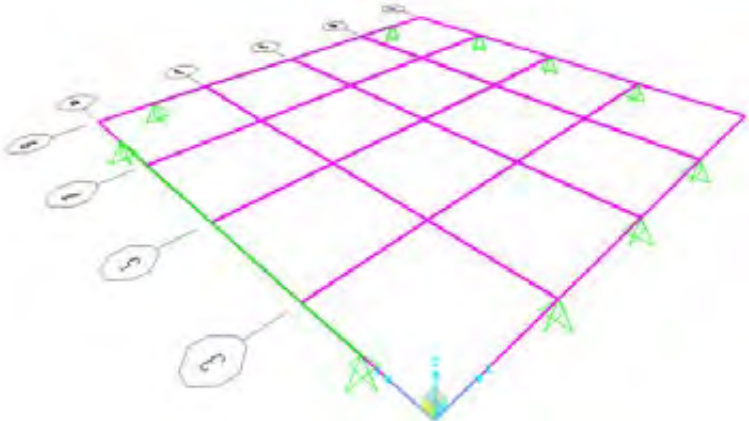


Tabel 8.8. Letak Titik Pengangkatan.

8.5.1. Pembebanan lantai integral ketika penanganan

Untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam pengangkatan, dilakukan permodelan modular lantai integral pada SAP2000 dengan input beban sebagai berikut:

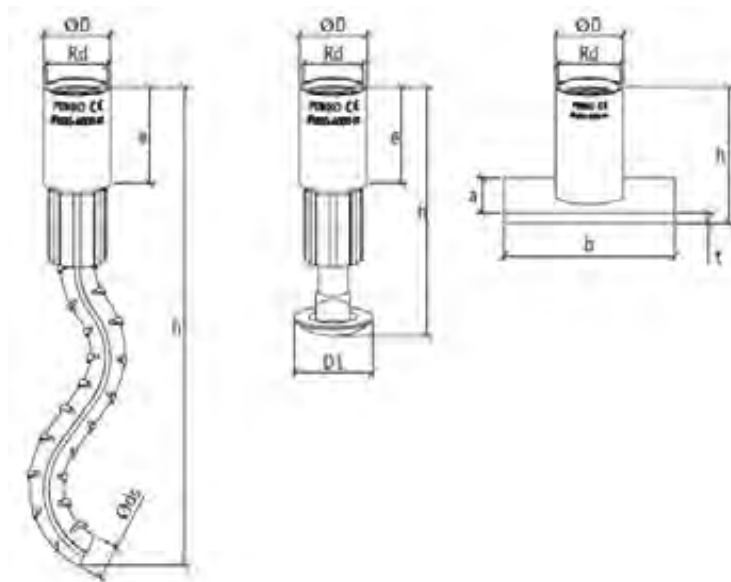
- Berat sendiri = dihitung oleh SAP2000
- Beban mati superimposed = 98 kg/m^2
- Beban hidup pekerja = 100 kg/m^2
- Berat 8 dinding partisi $1 \times 3,2 \text{ m} = 320 \text{ kg/m}$



Gambar 8.6. Permodelan Lantai Integral ketika Penanganan

8.5.2. Kunci pengangkatan lantai integral

Kunci pengangkatan digunakan untuk menjadi tempat mengaitkan sling pada pengangkatan elemen pracetak. Modular lantai pada sistem lantai integral ini menggunakan stud pendek dari Peikko Lifting System dengan spesifikasi pada tabel berikut:

Tabel 8.9. Dimensi Kunci Pengangkatan WAS, BSA, dan PSA

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	OD [mm]	e [mm]	ODs [mm]	OD1 [mm]	a x b [mm]	t [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25	—	100x130	6	450	—	84
42	42	54.0	80	28	—	130x130	8	500	—	98
52	52	67.0	100	—	—	130x150	10	—	—	117

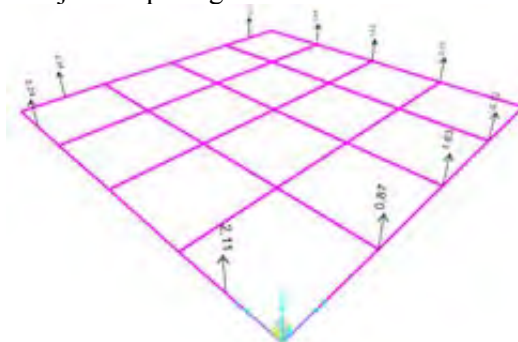
Tabel 8.10. Kapasitas Kunci Pengangkatan WAS, BSA, dan PSA

Item No. JRD/3M	Load Class	WAS	BSA	PSA		
		SWL for β 0-45° [kN]	SWL for β 0-45° [kN]	SWL for β 0-45° at 15 MPa [kN]	at 20 MPa [kN]	at 25 MPa [kN]
12	500	5	5	5	—	—
14	800	8	8	8	—	—
16	1200	12	12	10	12	—
18	1600	16	16	14.2	16	—
20	2000	20	20	18.3	20	—
24	2500	25	25	25	—	—
30	4000	40	40	40	—	—
36	6300	63	—	63	—	—
42	8000	80	—	63	72	80
52	12500	—	—	95	110	125

Item type with Rd thread with standard length.

**Gambar 8.7.** Penamaan Kunci Pengangkatan

Hasil analisa reaksi pengangkatan lantai integral oleh SAP2000 ditunjukkan pada gambar berikut:

**Gambar 8.8.** Reaksi Pengangkatan Modular Lantai Integral (Ton).

Kapasitas kunci pengangkatan tipe BSA dalam menahan berat modular dengan sudut pengangkatan maksimum 45° ditunjukkan pada Tabel 7.7.. Pemilihan ukuran kunci pengangkatan didasarkan pada kapasitas tersebut.

Kunci pengangkatan pada balok induk ketika penanganan maupun ereksi mengalami beban terfaktor terbesar yaitu:

$$T = k\psi W = 1,2 \times 1,2 \times 2,24 = 3,226t = 31,63kN$$

Maka digunakan BSA30x400 untuk balok induk.

Sedangkan pada balok rusuk ketika penanganan maupun ereksi mengalami beban terfaktor terbesar yaitu:

$$T = k\psi W = 1,2 \times 1,2 \times 1,63 = 2,347t = 23,02kN$$

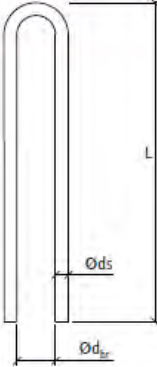
Maka digunakan BSA24x310 untuk balok rusuk.

Penulangan tambahan pada kunci pengangkatan

Untuk sudut angkat $12,5^\circ$ hingga 45° , disyaratkan adanya tulangan tambahan sesuai Tabel 7.8. berikut:

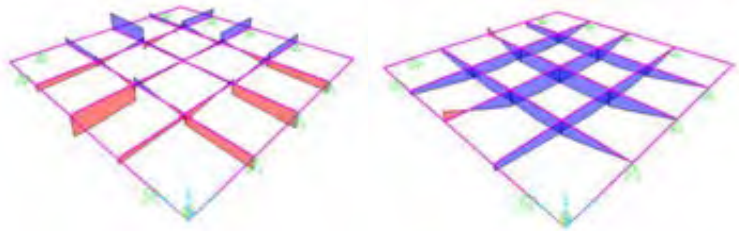
Tabel 8.11. Persyaratan tulangan tambahan pada stud.

Item No. JRd/JM	For all insert types			
	$12.5^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$		$12.5^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	
	Ods [mm]	L [mm]	Ods [mm]	L [mm]
12	6	150	6	150
14	6	200	6	200
16	8	200	6	250
18	8	250	8	200
20	8	300	8	250
24	10	300	8	300
30	12	400	10	350
36	14	550	12	450
42	16	600	14	600
52	20	750	16	700



Untuk kunci pengangkatan BSA30x400 pada balok induk, dipasang angkur 400 mm 2Ø12. Sedangkan untuk kunci pengangkatan BSA24x310 pada balok rusuk, dipasang angkur 400 mm 2Ø12.

8.5.3. Gaya dalam pengangkatan modular rantai integral



Gambar 8.9. Gaya geser dan momen pengangkatan.

Diagram gaya geser dan momen pengangkatan hasil analisa SAP2000 ditunjukkan pada gambar xx di atas. Nilai gaya dalam terbesar yaitu sebagai berikut:

$$V_u = 6,6 \text{ kN} \leq \phi V_n = 16,61 \text{ kN}$$

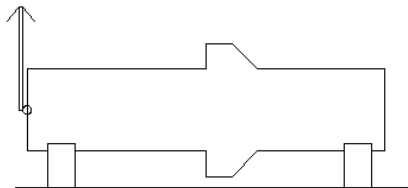
$$M_u^{(+)} \text{ lap} = 4,43 \text{ kNm} \leq \phi M_n = 9,68 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(-)} \text{ tump} = 2,12 \text{ kNm} \leq \phi M_n = 8,36 \text{ kNm}$$

Sehingga modular rantai integral mampu menahan beban ketika pengangkatan.

8.5.4. Pengangkatan kolom

Kolom dibuat secara pracetak di pabrik. Elemen kontrol harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen kolom tersebut dari kerusakan.

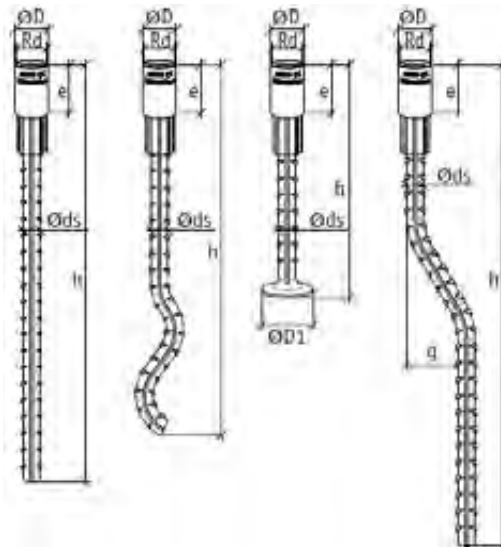


Gambar 8.10. Letak Titik Pengangkatan Kolom

8.5.5. Kunci pengangkatan kolom

Kunci pengangkatan digunakan untuk menjadi tempat mengaitkan sling pada pengangkatan elemen pracetak. Modular kolom pada sistem lantai integral ini menggunakan kunci pengangkatan panjang dari Peikko Lifting System dengan spesifikasi pada tabel berikut:

Tabel 8.12. Dimensi Kunci Pengangkatan SRA, WAL, TF, SRASW

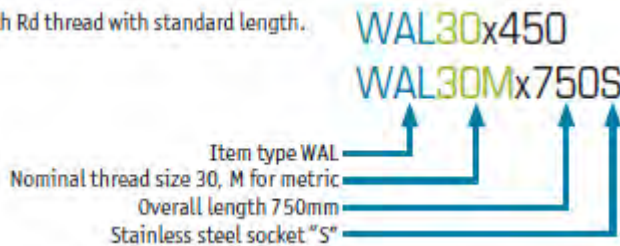


Item No. JRd/JM	Dimensions						SRA	WAL	TF Short	TF Long	SRASW
	Rd/M [mm]	OD [mm]	e [mm]	OD _s [mm]	OD1 [mm]	g [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]
12	12	15.0	22	8	24	—	195	135	100	150	—
14	14	18.0	25	10	30	—	235	170	105	155	—
16	16	21.0	27	12	36	—	75	215	130	175	—
18	18	24.0	34	14	42	—	305	235	150	225	—
20	20	27.0	35	14	42	50	360	255	180	250	605
24	24	31.0	43	16	48	60	400	350	200	275	715
30	30	40.0	56	20	60	60	505	450	275	350	850
36	36	47.0	68	25	75	70	690	570	335	450	1100
42	42	54.0	80	28	84	70	840	620	385	500	1250
52	52	67.0	100	32	96	70	950	880	550	700	1500

Tabel 8.13. Kapasitas Kunci Pengangkatan SRA, WAL, TF, dan SRAW.

Item No. Jrd/JM	Load Class	SRA, WAL, TF, ESA, CSA, SWL for β of 0-45° [kN]	SRA, WAL, TF SWL for γ of 90° [kN]	SRASW SWL for β 0-30° [kN]
12	500	5	2.5	—
14	800	8	4	—
16	1200	12	6	—
18	1600	16	8	—
20	2000	20	10	20
24	2500	25	12.5	25
30	4000	40	20	40
36	6300	63	31.5	63
42	8000	80	40	80
52	12500	125	62.5	125

Item type with Rd thread with standard length.



Tabel 8.14. Penamaan Kunci Pengangkatan

Kapasitas kunci pengangkatan tipe BSA dalam menahan berat modular dengan sudut pengangkatan maksimum 90° ditunjukkan pada Tabel 7.10 kolom 4. Pemilihan ukuran kunci pengangkatan didasarkan pada kapasitas tersebut.

Kunci pengangkatan pada kolom ketika penanganan maupun ereksi mengalami beban terfaktor terbesar yaitu:

a) Kolom A

$$T = k\psi W = 1,2 \times 1,2 \times 1,31 = 1,88t = 18,50kN$$

Maka digunakan TF30x275 (20 kN) untuk stud kolom A.

b) Kolom B

$$T = k\psi W = 1,2 \times 1,2 \times 2,24 = 4,23t = 41,51kN$$

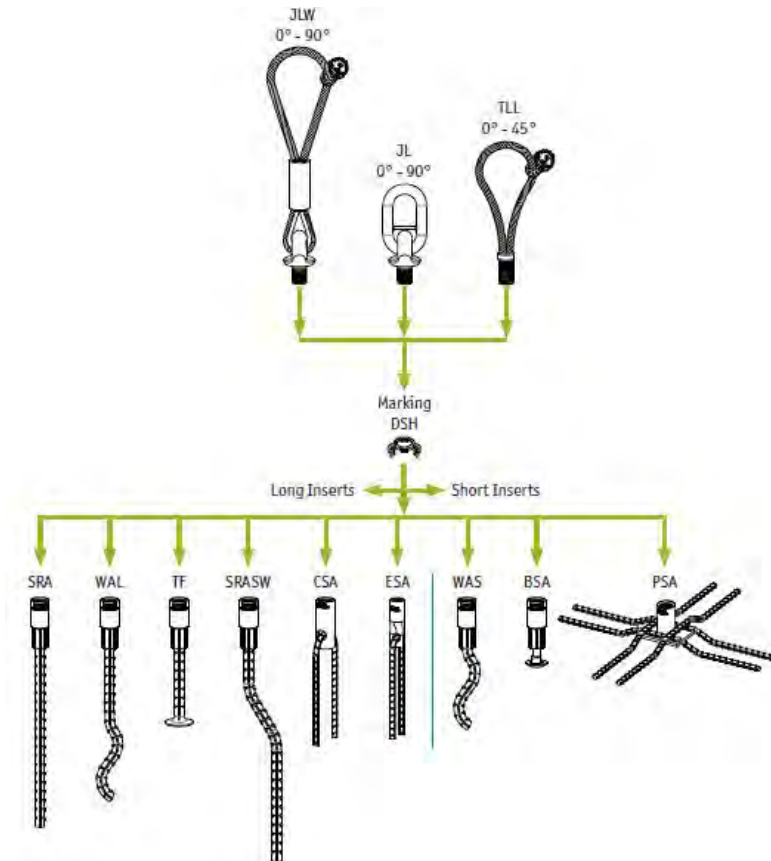
Maka digunakan TF52x550 (62,5 kN) untuk stud kolom B.

c) Kolom C

$$T = k\psi W = 1,2 \times 1,2 \times 5,22 = 7,52t = 73,71N$$

Maka digunakan 2TF42x385 (80 kN) untuk stud kolom C.

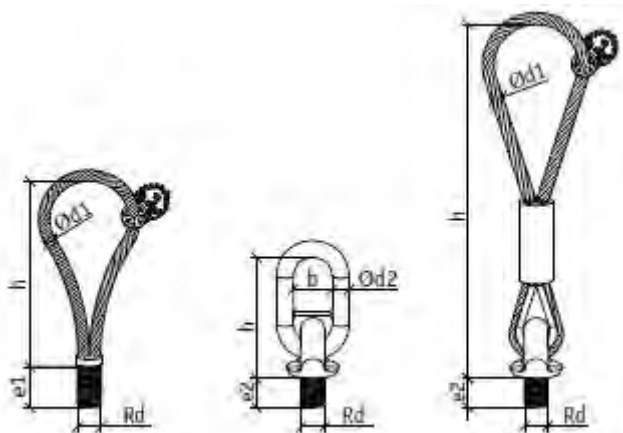
8.5.6. Kait pengangkat



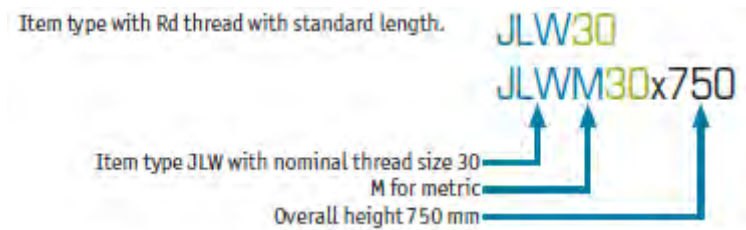
Gambar 8.11. Tipe-tipe Kait Pengangkat

Kait pengangkat digunakan untuk mengaitkan stud dengan sling atau rantai pada crane. Kait pengangkat tipe TLL digunakan untuk sudut pengangkatan maksimum 45° dan tipe JL & JLW untuk sudut pengangkatan maksimum 90° . Dimensi kait pengangkat disesuaikan dengan stud yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 8.15. Dimensi Kait Pengangkat



Item No. JRd/JM	Dimensions						TLL	JL	JLW	TLL, JL, JLW SWL for β 0-45°	JL, JLW SWL for γ of 90°
	Rd/M [mm]	Od1 [mm]	Od2 [mm]	e1 [mm]	e2 [mm]	B [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	[kN]	[kN]
12	12	6	13	22	19	50	133	137	205	5	2.5
14	14	7	13	25	21	50	130	137	320	8	4.0
16	16	8	13	27	24	50	138	137	335	12	6.0
18	18	9	16	34	27	50	156	146	370	16	8.0
20	20	10	16	35	29	50	180	146	385	20	10.0
24	24	12	16	43	35	50	212	146	410	25	12.5
30	30	16	22	55	43	50	245	155	475	40	20.0
36	36	18	22	67	52	50	293	155	525	63	31.5
42	42	20	26	75	60	65	350	192	615	80	40.0
52	52	26	26	95	73	65	435	192	710	125	62.5



Gambar 8.12. Penamaan Kait Pengangkat

Maka kait pengangkatan yang digunakan untuk modular pabrikan dalam sistem rantai integral ini ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 8.16. Kait Pengangkatan yang Digunakan.

Modular	Jenis	Stud	Kait
Rantai integral	Balok Induk	BSA30x400	JL30
	Balok Rusuk	BSA24x310	JL24
Kolom	A	TF30x275	JL30
	B	TF52x550	JL52
	C	2TF42x385	JL42

BAB IX

PERENCANAAN SAMBUNGAN

9.1. Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu juga ditinjau *serviceability*, kekuatan dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan kombinasi dari beban-beban tersebut.

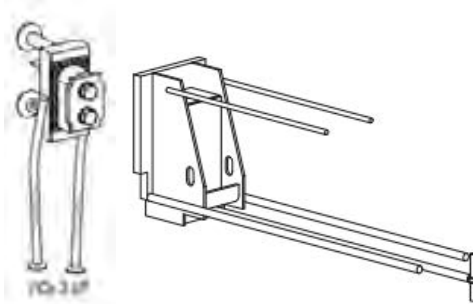
Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan.

Baik sambungan cor setempat maupun sambungan *grouting* sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*cast in situ*).

9.2. Perencanaan Sambungan Antar Modular Lantai

8.4.1. Perencanaan Sambungan Balok Rusuk dan Balok Induk

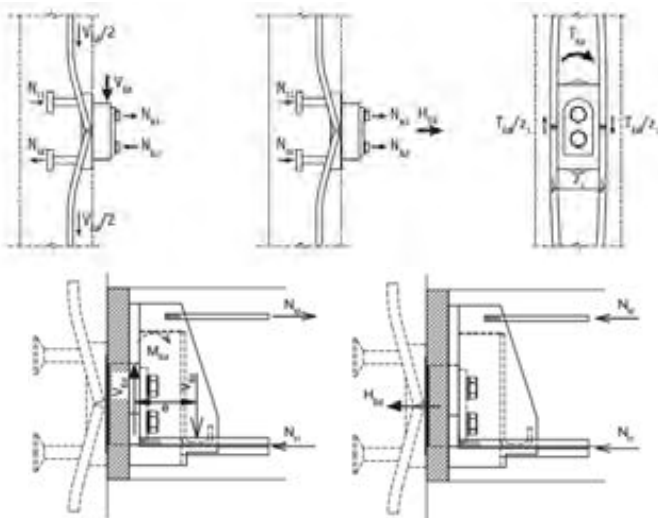
Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan balok rusuk digunakan sambungan korbel produk Peikko. Korbel pada ujung balok rusuk diletakkan pada korbel yang berada pada sisi samping balok induk.



Gambar 9.1. Sambungan korbrel balok rusuk waffle dan balok induk.

PC Corbel adalah sistem sambungan yang dikembangkan oleh Peikko yang digunakan sebagai penahan beban vertikal antar dua elemen. Sambungan tersebut terdiri dari korbrel baja dibaut ke plat baja yang terangkur ke elemen penumpu, serta plat baja yang berongga untuk korbrel yang terangkur ke elemen yang ditumpu. Keuntungan dari sistem sambungan ini yaitu:

- Instalasi yang mudah, cepat, dan halus
- Cocok untuk sambungan balok dan slab
- Estetik karena sambungan tersembunyi



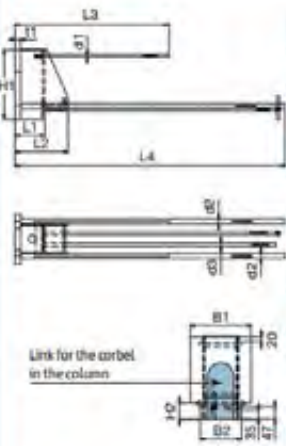
Gambar 9.2. Perilaku Struktur Sambungan Korbrel Antar Modular Lantai Integral

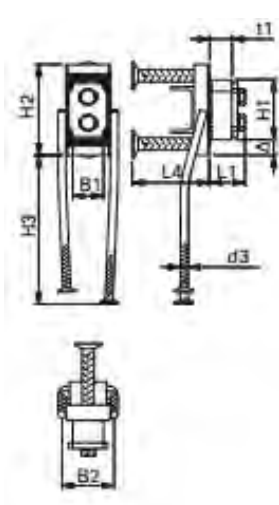
Desain sambungan korbel produk Peikko tersebut tersedia dalam beberapa standar. Dimensi yang ada didasarkan pada beban yang dapat ditumpu oleh sambungan tersebut. Data dimensi dapat dilihat pada tabel berikut.




Tabel 9.1. Kapasitas Sambungan Korbel PC Beam Shoe

Load	Notations	Units	PCs 2	PCs 3	PCs 5	PCs 7	PCs 10	PCs 15
Vertical load	V_{ax}	kN	230	355	575	785	1010	1500
Horizontal load	H_{ax}	kN	0	0	0	0	0	0

Tabel 9.2. Dimensi Sambungan Korbel PC Beam Shoe

		PC Beam Shoe model					
		PC 2-L	PC 3-L	PC 5-L	PC 7-L	PC 10-L	PC 15-L
	H1	240	270	300	340	410	410
	H2	60	60	60	60	60	60
	B1	180	190	220	240	270	389
	B2	160	190	190	194	220	343
	L1	94	110	130	130	136	135
	L2	155	170	230	235	315	315
	L3	530	535	670	670	916	835
	L4	770	1135	1175	1290	1290	1830
	t1	15	20	25	25	25	25
	d1	10	10	12	12	16	16
	d2	16	16	20	20	25	25
	d3	16	16	16	20	25	25
weight		12,6	17,4	28,3	35,5	58,5	89,3
colour		red	grey	yellow	green	blue	black

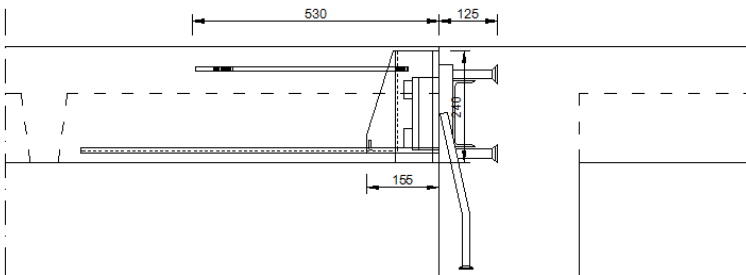
Tabel 9.3. Dimensi Sambungan Korbel PC Beam Shoe (lanjutan).


	PCs 2 UP	PCs 3 UP	PCs 5 UP
H1	155	155	205
L1'	76	92	112
B1	60	80	90
t1'	45	55	65
bolts	M16x100	M24x120	M30x145
Δ	27,5	40	55
H2	210	235	315
H3	397	386	430
L4	125	200	250
B2	116	135	150
d3	16	20	25
weight	12,2	21,5	37,3
color	 red	 grey	 yellow

Dari Bab 6, didapat bahwa beban vertikal ultimate yang bekerja di sambungan korbel balok rusuk waffle dan balok induk adalah:

$$V_u = 15,31 \text{ kN}$$

Sehingga berdasarkan Tabel 8.1., sambungan yang digunakan adalah tipe PCs 2, yaitu untuk beban tumpu maksimum 50 kN. Detail sambungan yang digunakan ditunjukkan pada gambar berikut.

**Gambar 9.3.** Detail Sambungan Korbel Antar Modular Lantai Integral.

9.3. Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom

9.3.1. Perencanaan konsol pada kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan.

Data Perencanaan

$$V_u \text{ maksimum (probable)} = 235,28 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ pakai} = 2 \times 235,28 = 470,57 \text{ kN}$$

$$\text{Dimensi Balok} = 30/50$$

$$\text{Dimensi konsol :}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$a_v = 350 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$d = 500 - (3/2) \times 19 = 462,5 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

Persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.8.1:

$$a_v/d = 350/462,5 = 0,757 < 1 \text{ (OK)}$$

$$N_{uc} = 0,2 \times 470,57 = 94,11 \text{ kN} < V_u \text{ (OK)}$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah:

$$V_n = V_u / \phi = 470,57 / 0,75 = 627,42 \text{ kN}$$

Menentukan luas tulangan geser friksi

Kuat geser maksimum sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.8.3.2 (a):

$$0,2f'_c b_w d = 0,2 \times 40 \times 300 \times 462,5 = 1110 \text{ kN} > V_n \dots \text{OK}$$

$$11b_w d = 11 \times 300 \times 462,5 = 1526,25 \text{ kN} > V_n \dots \text{OK}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{627,42}{390 \times 1,0} = 1608,78 \text{ mm}^2$$

Menentukan Luas tulangan lentur

$$M_u = V_{ua} \times a_v + N_{uc} (h-d) \\ = (470,57 \times 0,35) + (94,11 \times (0,5-0,4625)) = 168,23 \text{ kNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11,471$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d^2} = \frac{168,23}{0,8 \times 0,3 \times 0,4625^2} = 3,2769$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{11,471} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,471 \times 3,2769}{390}} \right) = 0,00885$$

$$\rho = 0,00885 > \rho_{\min} = 0,0036, \text{ maka dipakai } \rho = 0,00885$$

$$A_f = \rho \times b \times d = 0,00885 \times 300 \times 462,5 = 1228,17 \text{ mm}^2$$

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{94,11}{0,65 \times 390} = 371,26 \text{ mm}^2$$

Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.8.3.5

$$A_s = A_f + A_n = 1228,17 + 371,26 = 1599,4 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n = \frac{2 \times 1608,78}{3} + 371,26 = 1443,8 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b_w d = 0,04 \times \left(\frac{40}{390} \right) \times 300 \times 462,5 = 569,2 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 1599,4 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

Dipakai 4D25 ($A_s = 1963,5 \text{ mm}^2$)

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.8.3.4

$$A_h = 0,5(A_s - A_n) = 0,5 \times (1599,43 - 371,26) = 614,1 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 3 buah 2 kaki D13 ($A_s = 796,4 \text{ mm}^2$)

Dipasang sepanjang $(2/3)d = 308,3 \text{ mm}$ (vertikal)

dipasang 3 buah D13 dengan spasi $308,3/3 \approx 100 \text{ mm}$

Luas pelat landasan

Sesuai dengan SNI 7833-2012 pasal 4.8.2.1.1

$$V_u = \phi 0,85 f_c' A_l$$

$$A_l = \frac{470568}{0,85 \times 40 \times 0,75} = 18453,6 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $100 \times 200 \text{ mm} = 20000 \text{ mm}^2$ (tebal 15 mm)

Rekapitulasi Perencanaan Seluruh Konsol

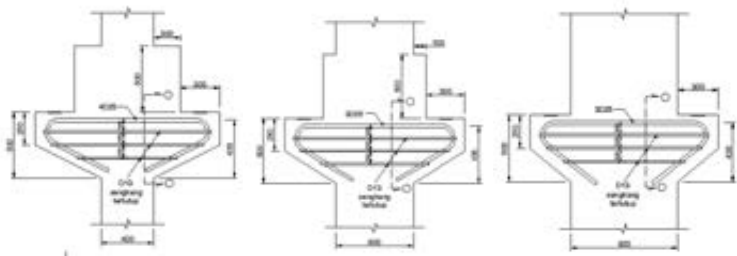
Rekapitulasi analisa konsol untuk semua tipe kolom ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 9.4. Perhitungan Perencanaan Seluruh Konsol

Parameter	Sat	Konsol		
		Kolom A	Kolom B	Kolom C
b	mm	300	300	300
a _v	mm	350	250	150
h	mm	500	500	500
d	mm	462,5	462,5	462,5
a _v /d	mm	0,757	0,541	0,324
V _u	kN	235,28	235,28	235,28
V _u	kN	470,57	470,57	470,57
N _u	kN	94,11	94,11	94,11
<i>Tul Geser Friksi</i>				
V _{n min}	kN	627,42	627,42	627,42
0,2f _c b _w d	kN	1110	1110	1110
11b _w d	kN	1526,25	1526,25	1526,25
A _{vf}	mm ²	1608,78	1608,78	1608,78
<i>Tul Lentur</i>				
M _u	kNm	168,23	121,17	74,11
R _n		3,277	2,360	1,444
ρ _{min}		0,00885	0,00628	0,00378
A _f	mm ²	1228,2	871,1	562,5
A _n	mm ²	371,26	371,26	371,26

Tabel 9.4. Perhitungan Perencanaan Seluruh Konsol (lanjutan)

Parameter	Sat	Konsol		
		Kolom A	Kolom B	Kolom C
<i>Tul Pakai</i>				
A _{s1}	mm ²	1599,4	1242,3	933,8
A _{s2}	mm ²	1443,8	1443,8	1443,8
A _{s3}	mm ²	569,2	569,2	569,2
A _s	mm ²	1599,4	1443,8	1443,8
A _s pakai		4D25	3D25	3D25
	mm ²	1963,5	1472,6	1472,6
A _h	mm ²	614,1	536,3	536,3
A _h pakai		3 D13	3 D13	3 D13
	mm ²	796,4	796,4	796,4
2/3d	mm	308,3	308,3	308,3
s	mm	102,8	102,8	102,8
<i>Pelat Landasan</i>				
A _l	mm ²	18454	18454	18454
A _l pakai	mm	100x200	100x200	100x200
	mm ²	20000	20000	20000




Tabel 9.5. Detail Konsol (dari kiri) Kolom A, B, dan C

9.3.2. Perencanaan sambungan mekanik kopler

Untuk menyambung tulangan longitudinal balok ke kolom, digunakan sambungan mekanik Bartec Plus Coupler produk Ancon dan Modix Positioning Coupler produk Peikko. Sambungan mekanik Bartec Plus Coupler menyambungkan dua tulangan dengan diameter yang sama secara mekanik yaitu diputar dan disambungkan seperti baut. Sambungan mekanik Modix Positioning Coupler menyambungkan dua kopler yang tak bisa berubah posisi atau terpisah pada jarak tertentu. Tulangan longitudinal terusan balok dipasang menerus di kolom hingga sisi dibaliknya seperti tulangan menerus interior. Dimensi Bartec Plus Coupler & Locknut ditunjukkan pada Tabel 8.4 dan Modix Position Coupler pada Tabel 8.5.

Tabel 9. 6. Dimensi Bartec Plus Coupler & Locknut.

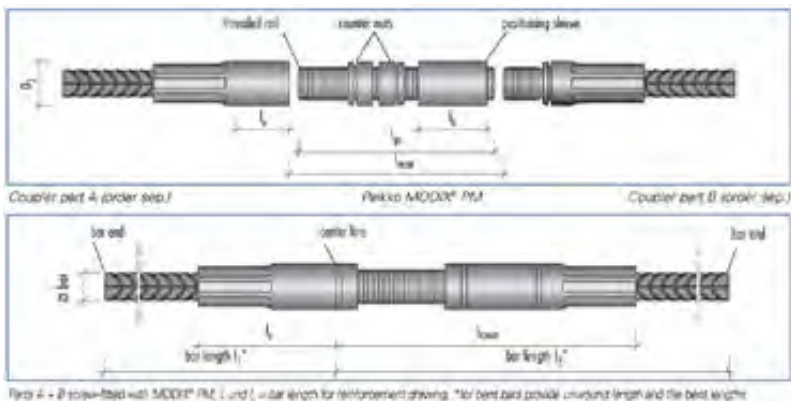
Bartec Plus Couplers						
Bar Diameter (mm)		16	19	22	25	32
External Diameter (mm)	Ø	26.4	32.1	40.1	49.5	67.5
Coupler Length (mm)	l	40	48	60	72	90
Thread Form		M20x2.5	M24x3.0	M30x3.5	M36x4.0	M45x4.5
Weight (kg)		0.09	0.16	0.31	0.57	1.53
Coupler Reference		BTP16	BTP19	BTP22	BTP25	BTP32
Other sizes are available on request. Contact Ancon for more details.						
Bartec Plus Locknuts						
Bar Diameter (mm)		16	19	22	25	32
External Diameter (mm)		26.4	32.1	40.1	49.5	67.5
Locknut Length (mm)		13	16	20	24	30
Thread Form		M20x2.5	M24x3.0	M30x3.5	M36x4.0	M45x4.5
Weight (kg)		0.04	0.05	0.10	0.19	0.50
Locknut Reference		BTP16LN	BTP19LN	BTP22LN	BTP25LN	BTP32LN
Other sizes are available on request. Contact Ancon for more details.						
Bartec Plus Type C						
The Type C connection utilizes the same coupler as for the Type A, together with locknuts and longer threads to the bar ends. Type C connections are used where the continuation bar cannot be rotated.						





Tabel 9.7. Dimensi Modix Position Coupler.

Colour of thread protector	Bar size [mm]	Coupler classification	Length part A [mm] l_A	Coupler length [mm] l_{cou}	Thread length part A l_{tr}	Length of positioning sleeve ¹⁾ l_p	Length threaded rod ²⁾ l_{tr}	Max. free spacing ³⁾ l_{max}	ISO-metric thread M	Coupler ϕ [mm] D_2
orange	10	PM 10	52	125	21	37	79	59	M 12 x 1,75	17,5
yellow	13	PM 13	63	150	26	48	98	73	M 16 x 2	21
blue	16	PM 16	72	168	30	55	111	82	M 18 x 2,5	24
white	19	PM 19	80	184	33	61	121	89	M 20 x 2,5	27
grey	22	PM 22	98	203	37	69	134	100	M 24 x 3	33
red	25	PM 25	122	259	44	83	151	118	M 30 x 3,5	41
black	29	PM 29	148	298	53	97	187	137	M 36 x 4	47
brown	32	PM 32	156	338	59	112	214	156	M 42 x 4,5	53



Pada pasal 21.1.6 SNI 2847-2013, disebutkan bahwa sambungan mekanik Tipe 2 untuk rangka penahan momen khusus harus memenuhi persyaratan berikut:

- Dapat ditempatkan di mana saja
- Mengembangkan tegangan tarik atau tekan paling sedikit $1,25f_y$ dari batang tulangan
- Harus mampu mengembangkan kekuatan tarik yang disyaratkan dari tulangan yang disambung

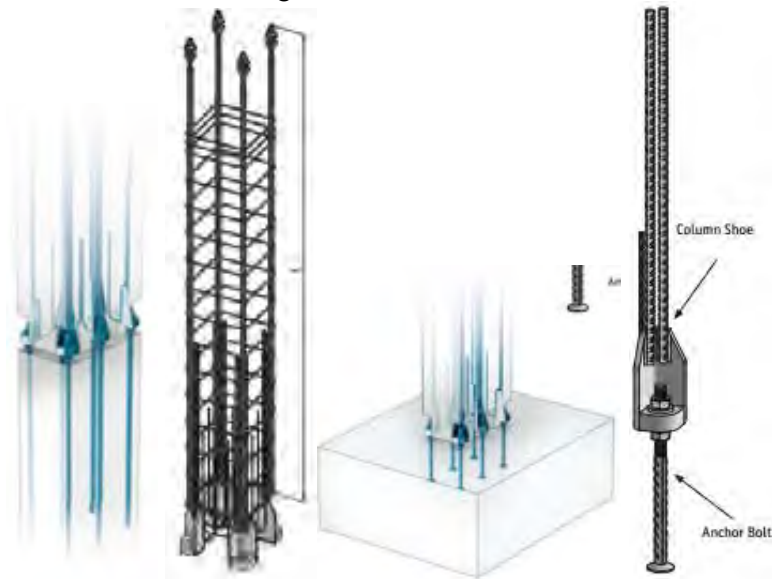
Spesifikasi sambungan Modix Coupler produk Peikko menyebutkan bahwa kopler tersebut memiliki tegangan ijin dua kali lipat dari tegangan ijin tulangan yang disambung, baik beban statis maupun dinamis. Sambungan Bartec Plus produk Ancon pun telah memenuhi syarat TA1-A 5050, Eurocode 2, dan BS8110.

Sehingga Modix Position Coupler dan Bartec Plus Coupler telah memenuhi persyaratan tersebut di atas.

Seluruh tulangan longitudinal balok menggunakan diameter tulangan 19 (desain sengaja diseragamkan). Sehingga digunakan Bartec Plus Coupler tipe BTP 19 dan Modix Position Coupler tipe SM19 untuk semua sambungan mekanik kopler balok-kolom.

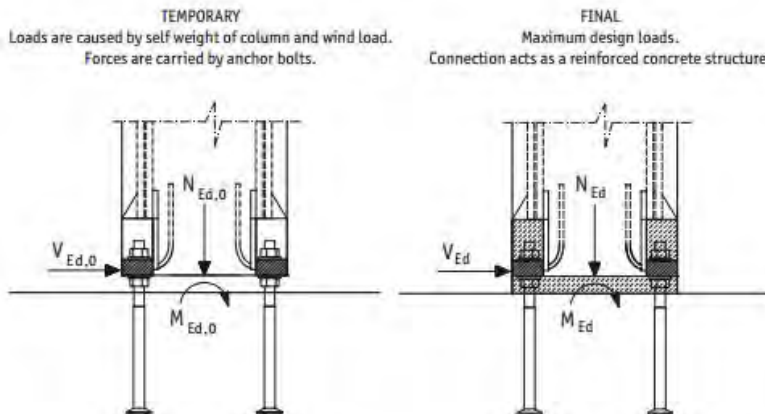
9.4. Perencanaan Sambungan Antar Kolom

Pada perencanaan sambungan antar kolom, digunakan PEC Column Shoe produk Peikko. Sambungan ini merupakan sambungan kaku penahan momen ekonomis antar kolom pracetak, atau kolom pracetak dengan pondasi. Sistem sambungan terdiri dari sepatu kolom dan baut angkur. Sepatu kolom dicetak bersama dengan kolom pracetak, yang nantinya di lapangan antar kolom dirakit dan dikunci dengan baut.



Gambar 9.4. Ilustrasi Sambungan Antar Kolom PEC Column Shoe

Perilaku struktur dan spesifikasi dimensi sambungan PEC Column Shoe ditunjukkan pada gambar dan tabel berikut berikut:



Gambar 9.5. Perilaku Struktur Sambungan PEC Column Shoe

Tabel 9.8. Spesifikasi Dimensi Sambungan PEC Column Shoe

	PEC 25	PEC 29	PEC 32	PEC 36	PEC 44	tolerances
B	132	140	160	160	160	$\pm 3, -0$
C	106	116	120	130	136	$\pm 2, -0$
E	50	50	50	60*	62	± 1
H	1105	1455	1660	1845	1975	± 10
I	40	50	55	60	70	
O	46	55	55	65	70	$\pm 2, -0$
X	30	37	37	37	27	
K	173	194	209	248	288	
weight	19,1	36,3	38,2	63,1	96,9	
color code	black	red	brown	violet	white	

* Note! Distance from edge differs from PPKM 36.

Tegangan aksial dan geser yang diijinkan pada sambungan PEC Column Shoe ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 9.9. Spesifikasi kuat tekan dan geser desain PEC Column Shoe

Column shoe	Anchor bolt	Acc. to ETAG 001	
		N_{Rd}	$V_{Rd,B}$
PEC 25	PPM 25	299,2	33,5
PEC 29	PPM 29	435,7	52,6
PEC 32	PPM 32	560,5	64,4
PEC 36	PPM 36	696,5	88,6
PEC 44	PPM 44	937,6	124,1

Analisa Sambungan

Dari analisa pada Bab VII, didapatkan data perencanaan dan beban ultimate yang terjadi pada lokasi sambungan, sebagai contoh, antar kolom C, yaitu sebagai berikut:

Dimensi = 80/80

Tul. Long = 8D32

$N_{min} = 5392 \text{ kN}$

$V_e = 1218 \text{ kN}$

$M_{pr} = 1827 \text{ kNm}$

Column Shoe PEC 32

$$N_{Ed} = 1,4S_e = 1,4.A_s.1,25.f_y$$

$$= 1,4 \times 6434 \times 1,25 \times 390 = 548,9 \text{ kN}$$

$$\phi N_d = 560,5 \text{ kN} > N_{Ed} \text{ (OK)}$$

$$V_{Ed}' = (V_e - 0,2N_{min})/n_{active}$$

$$= (1218 - 0,2 \times 5392)/3 = 46,53 \text{ kN}$$

$$\phi V_d = 64,4 \text{ kN} > V_{Ed}' \text{ (OK)}$$

$$0,4M_{pr} = 0,4 \times 1827 = 730,8 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{Rd} = 1629 \text{ kNm (PCA Col)} > 0,4M_{pr} \text{ (OK)}$$

Sehingga sambungan Column Shoe PEC 32 mampu menahan beban pada sambungan Kolom C

Rekapitulasi analisa sambungan untuk semua kolom ditunjukkan pada tabel berikut:

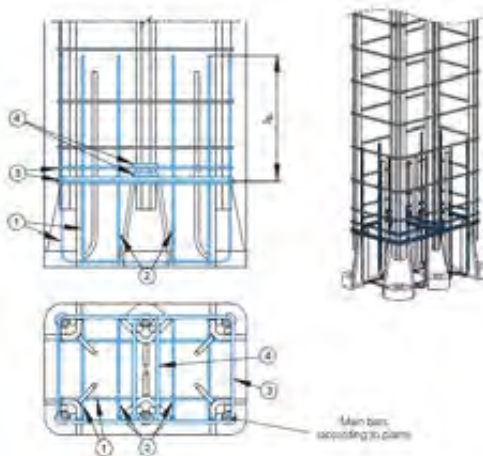
Tabel 9.10. Analisa Sambungan Semua Kolom

Gaya	Satuan	Kol A	Kol B	Kol C
N_{min}	kN	173,2	2343,3	5392
V_e	kN	165	521,33	1218
M_{pr}	kNm	1827	782	241
N_{ed}	kN	548,90	335,02	548,90
Column Shoe		PEC 32	PEC 29	PEC 32
ϕN_d	kN	560,5	338,33	609,44
V_{ed}	kN	9,08	17,56	46,53
ϕV_d	kN	64,4	66,45	64,4
$0,4M_{pr}$	kNm	96,4	312,8	730,8
ϕM_n	kNm	289	939	1629

Tulangan Tambahan

Selain tulangan yang dibutuhkan dari hasil analisa struktur, dibutuhkan juga tulangan tambahan pada sambungan Column Shoe yang dipersyaratkan oleh produsen Peikko. Tulangan geser yang diperlukan pada daerah di lokasi sambungan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 9.11. Persyaratan tulangan geser pada PEC Beam Shoe.



Tabel 9.11. Persyaratan tulangan geser pada PEC Beam Shoe (lanjutan).

		PEC 25	PEC 29	PEC 32	PEC 36	PEC 44	
U stirrups	①	4 Ø 6	4 Ø 8	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10	
U-stirrups for middle shoes / pair	②	2 Ø 6	2 Ø 8	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	
stirrups	③	2+2 Ø 8	2+1 Ø 10	2+2 Ø 10	3+2 Ø 12	3+2 Ø 12	
middle stirrups	④	2+2 Ø 8	2+1 Ø 10	2+2 Ø 10	3+2 Ø 12	3+2 Ø 12	
a		280	330	375	415	460	
b		40	40	50	55	55	
l_b		>300	>500	>600	>600	>600	

Sehingga tulangan tambahan yang diperlukan untuk setiap kolom ditunjukkan pada berikut:

Tabel 9.12. Tulangan tambahan pada sambungan antar kolom.

	Notasi	Kolom A	Kolom B	Kolom C
Column Shoe		PEC 32	PEC 29	PEC 32
Sengkang-U	1	4Ø6	4Ø10	4Ø10
Sengkang-U u/ kaki tengah	2	2Ø6	2Ø10	2Ø10
Sengkang	3	2+2Ø8	2+2Ø10	3+2Ø10
Sengkang tengah	4	2+2Ø10	2+2Ø10	3+2Ø10
a		280	375	460
b		40	50	55
l_b		300	600	600

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB X

METODE PELAKSANAAN

10.1. Umum

Dalam setiap pekerjaan konstruksi, metode pelaksanaan merupakan bagian penting yang tidak bisa dipisahkan, terlebih pada struktur beton pabrikan. Untuk merencanakan beton pabrikan, terlebih dahulu harus diketahui apakah struktur tersebut bisa dilaksanakan. Tahap pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item-item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material – material beton pracetak, proses pekerjaan yang dilakukan di proyek ini adalah ;

- 1) Pabrikasi, yaitu pencetakan dan perakitan semua elemen modular pabrikan di pabrik.
- 2) Penanganan, yaitu penyimpanan, transportasi, dan ereksi modular pabrik mulai dari pabrik hingga ke posisi akhir modular di bangunan.
- 3) Pelaksanaan dan perakitan, yaitu metode pelaksanaan dan perakitan modular pabrikan di lokasi proyek hingga bangunan selesai.

10.2. Pabrikasi

Tahapan dalam fabrikasi kolom pracetak yaitu sebagai berikut:

- 1) Persiapan
 - Mempersiapkan cetakan, material beton, tulangan, sambungan, dan *recess box*, serta peralatan yang dibutuhkan.
 - Material harus disimpan pada tempat yang terlindung dari gangguan dan tidak merubah kualitas material.
 - Pemindehan material harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai aturan agar tidak terjadi perbedaan kualitas atau kuantitas material.
- 2) Perakitan cetakan
 - Mengecek ketepatan bentuk dan dimensi cetakan masih dalam toleransi yang diijinkan.
 - Merakit cetakan.

- 3) Pembersihan cetakan dan persiapan
 - Membersihkan cetakan dari kotoran dan mortar sisa.
 - Mengoleskan minyak atau cairan pelepas cetakan pada permukaan cetakan.
 - Mengecek sambungan dan ujung cetakan, baut, *stopper*, ikatan pengunci, dan karet pengunci kencang dan aman.
- 4) Perakitan tulangan dan sambungan
 - Tulangan, sambungan, serta elemen lain yang dibutuhkan dirakit pada posisinya di cetakan sesuai desain.
 - Mengecek ukuran, spasi dan posisi tulangan dan sambungan sesuai seperti desain.
 - Penggunaan rangka fabrikasi dapat memudahkan proses perakitan tulangan dan sambungan.
 - Jika diperlukan, las dapat dilakukan. Lalu pengecekan ulang cetakan sebelum pengecoran.
- 5) Pembetonan
 - Pencampuran dan pembuatan beton basah sesuai mutu desain dengan metode sesuai standar dan terkontrol.
 - Dilakukan tes workabilitas beton dan dibuat sampel silinder beton untuk kontrol mutu.
 - Penuangan/pengecoran beton basah ke cetakan yang telah disiapkan tulangan dan sambungannya.
 - Penggetaran dan pemadatan dilakukan dengan cara yang tepat.
 - Meratakan dan *leveling* permukaan beton.
- 6) Perawatan Beton
 - Dilakukan perawatan beton dengan metode yang diinginkan.
 - Sampel silinder beton harus dirawat dengan kondisi yang sama dengan elemen pracetak
- 7) Pelepasan cetakan
 - Setelah waktu perawatan selesai, cetakan dan *recess box* dilepas.

8) Kontrol mutu beton pracetak

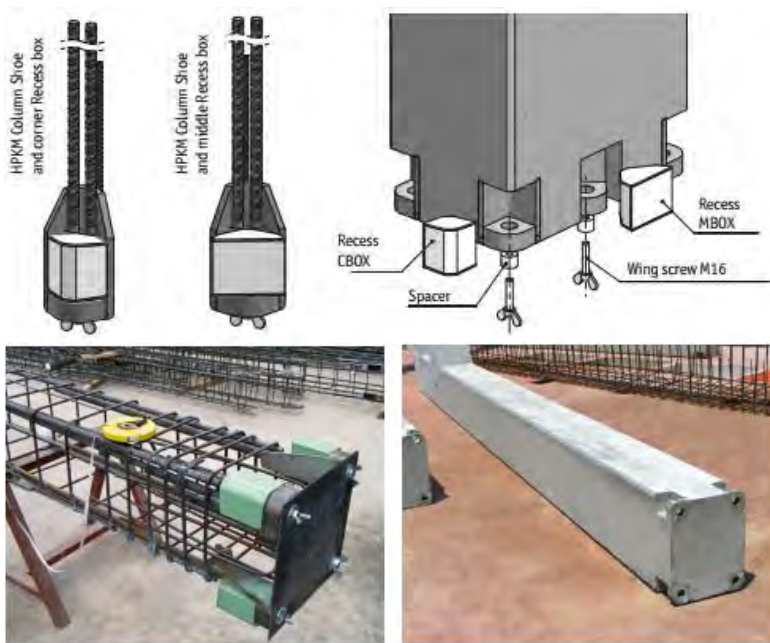
- Kontrol mutu sampel silinder beton, minimal 75% kekuatan 28 hari.
- Kontrol adanya keretakan atau kecacatan fisik lain.
- Tidak terjadi perubahan dimensi elemen atau posisi sambungan.
- Lubang sambungan tidak terisi beton.

9) Pemasangan utilitas dan finishing (modular lantai integral)

- Pemasangan spesi dan keramik.
- Pemasangan rangka *truss* plafond.
- Pemasangan dan pengaturan komponen utilitas.
- Pemasangan plafond.

10) Inspeksi akhir dan pemindahan

- Kontrol kondisi dan kualitas produk yang telah selesai.
- Pemberian tanda identifikasi produk



Gambar 10.1. *Recess box* untuk membentuk rongga sambungan baut pada kolom pracetak.

10.3. Penanganan Modular

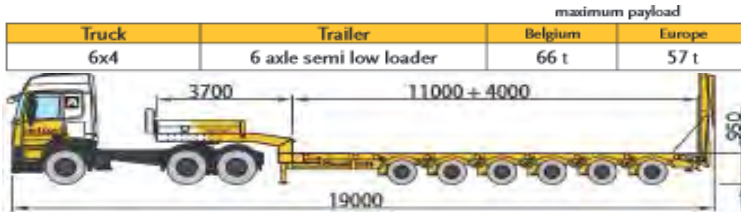
Transportasi dan ereksi modular harus dilakukan sesuai prosedur yang disyaratkan pada setiap tipe modular pracetak karena beban dan gaya yang berbeda akibat perletakan dan orientasi yang berbeda dengan posisi akhir modular di bangunan. Sistem penanganan disini meliputi :

1. Penyimpanan

- Penyimpanan yang dimaksud adalah penyimpanan di pabrik dan penampungan sementara di lokasi proyek.
- Sebisa mungkin modular pabrikasi disimpan dengan perletakan sedekat mungkin dengan perletakan layan atau titik angkat ereksi.
- Alas perletakan modular pabrikasi harus dipastikan keres, se-level, bersih, dan stabil.
- Tempat penyimpanan sebaiknya terlindung dari lingkungan ekstrim.
- Penataan penempatan modular pabrikasi di penyimpanan sementara di lokasi proyek dilakukan dengan prinsip "*first in first out*" berdasarkan jadwal pengiriman dan tahapan ereksi.

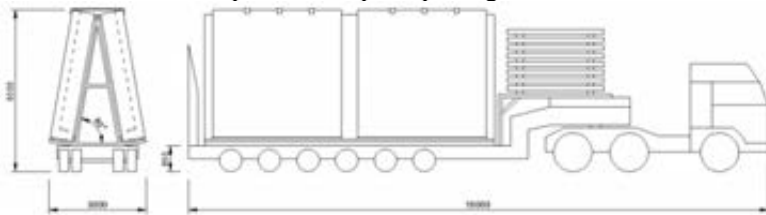
2. Transportasi

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke area proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Modular lantai integral dapat diangkut melalui gerbang tol apabila moda transportasi yang digunakan memiliki ketinggian badan truk maksimal $5,1 \text{ m} - 4 \text{ m} = 1,1 \text{ m}$. Jenis truk yang digunakan adalah tipe low bed 6 axle semi low loader dengan tinggi badan truk 0,95 m sehingga tinggi total truk ketika mengangkut material beton pracetak adalah $0,95 \text{ m} + 4 \text{ m} = 4,95 \text{ m}$. Dengan panjang badan truk 11,0 meter dan kapasitas maksimum truk 57 ton, maka direncanakan truk mengangkut 4 buah modular lantai integral dengan berat total $7,97 \times 4 = 31,88 \text{ ton}$. Masih tersisa 25,12 ton untuk rangka penahan dan material/peralatan lainnya (Dirjenhubdar, 2010).



Gambar 10.2. Spesifikasi Truk Tipe Semi Low Loader.

Karena lebar modular (4m) melebihi batas lebar angkutan di Indonesia (3,5m), maka modular diletakkan vertikal dalam posisi A seperti pada gambar berikut.

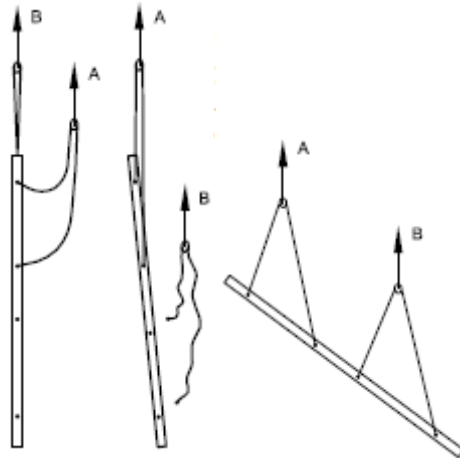


Gambar 10.3. Posisi Perletakan Modular Lantai Integral Ketika Transportasi.

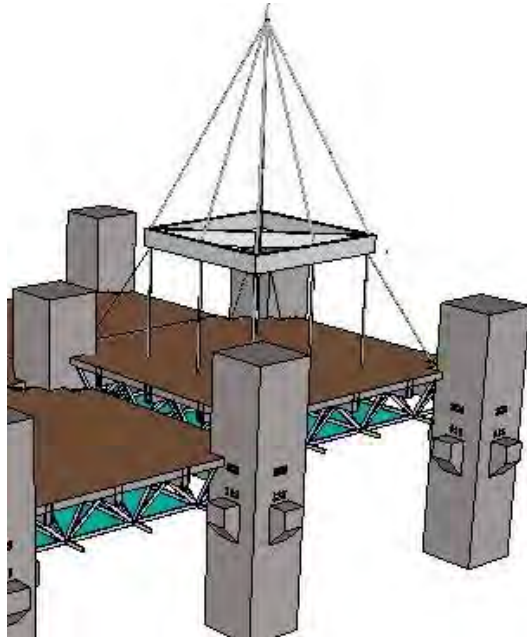
3. Ereksi

- Ereksi yaitu pengangkatan dan pemindahan modular pabrikan di area pabrik maupun dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.
- Kapasitas peralatan ereksi harus mampu menahan beban maksimum yang mungkin terjadi, meliputi crane, sling baja atau tendon, rangka/bresing ereksi, dan peralatan lainnya.
- Titik berat modular harus berada di antara titik-titik pengangkat untuk menghindari terjadinya perputaran yang tidak diinginkan.
- Terkadang modular pabrikan harus diarahkan kembali dari posisi ketika transportasi ke posisi permanen.
- Ketika pengangkatan dan pemindahan, harus dipertimbangkan kecepatan maksimum mobilisasi.
- Peletakkan titik-titik angkat dan analisa tegangan ketika penanganan modular lantai integral telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya.

- Untuk modular lantai integral, ereksi tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 10.4. Ereksi Modular Lantai Integral Ketika Tranportasi.



Gambar 10.5. Ereksi Modular Lantai Integral Ketika Pemindahan.

10.4. Tahap Pelaksanaan dan Perakitan

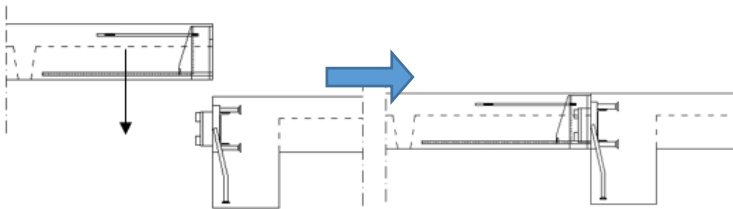
Tahapan dan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perakitan modular pabrikasi yaitu sebagai berikut:

- 1) Persiapan sebelum perakitan
 - Mengecek ketepatan tipe, kuantitas, dan identifikasi produk pada modular pabrikasi yang sampai di lokasi proyek.
 - Mengecek akurasi dimensi kritis dan kondisi visual modular pabrikasi yang sampai di lokasi proyek.
 - Mengecek akurasi posisi dan jarak sambungan pada lokasi penempatan akhir modular pabrikasi.
 - Mengecek level dan stabilitas perletakan yang dituju modular pabrikasi.
- 2) Perakitan antar elemen modular pabrikasi
 - Ereksi modular pabrikasi sesuai metode ereksi yang baik dari tempat penyimpanan sementara ke posisi akhir.
 - Mengecek level dan kelurusan horizontal atau vertikal modular pabrikasi sesuai posisi desain. Jika diperlukan, dilakukan penyesuaian posisi dengan rangka sementara untuk mendapatkan posisi yang diinginkan.
 - Merakit sambungan antar elemen modular pabrikasi sesuai metode instalasi setiap sambungan yang selanjutnya akan dijelaskan lebih detail.
 - Mengecek ulang level dan kelurusan modular pabrikasi serta mengecek stabilitas modular pabrikasi sebelum kabel ereksi dilepas.
 - Melepas kabel ereksi.
- 3) Finishing perakitan
 - Mengecek jarak rongga yang akan di *grouting*.
 - Menyiapkan penutup atau bekisting *grouting*.
 - Menyiapkan dan melakukan *grouting* pada rongga atau *gap* di sambungan antar elemen,
 - Menyiapkan silinder sampel campuran *grouting* untuk pengujian kontrol mutu.
 - Melepas penutup atau bekisting *grouting* sesuai waktu spesifikasi.
 - Mengontrol hasil *grouting*.

10.4.1. Perakitan sambungan antar modular lantai integral

Tahapan perakitan sambungan kolom dengan balok pada lantai integral yaitu sebagai berikut:

- 1) Setelah ereksi modular lantai integral menggunakan crane, lantai integral diposisikan ke lokasi layannya
- 2) Sambungan korbel *female* pada balok rusuk diatur posisinya hingga tepat ke posisi sambungan korbel *male* pada balok induk dari lantai integral lain.
- 3) Lantai integral kemudian diturunkan hingga semua sambungan korbel antar lantai modular telah terpasang dengan benar.



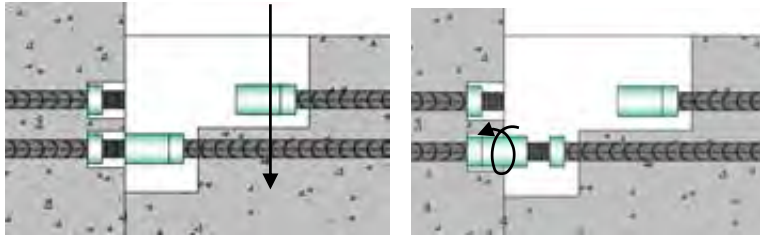
Gambar 10.6. Tahap Perakitan Sambungan Korbel Antar Modular Lantai Integral.

- 4) Celah antar modular lantai digROUTING hingga semuanya tertutup.

10.4.2. Perakitan sambungan kolom dengan balok induk pada lantai integral

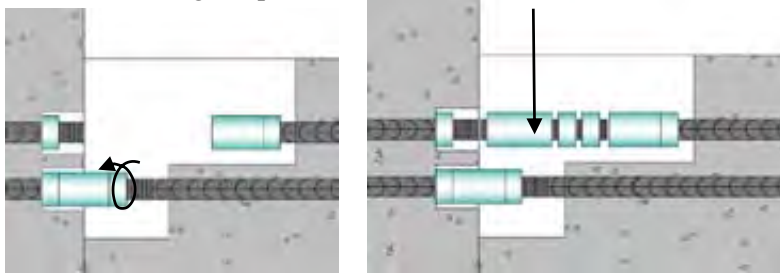
Tahapan perakitan sambungan kolom dengan balok pada lantai integral yaitu sebagai berikut:

- 1) Meletakkan balok pada posisinya di atas konsol
- 2) Memutar *coupler* sambungan tipe A yang berada di balok ke kolom



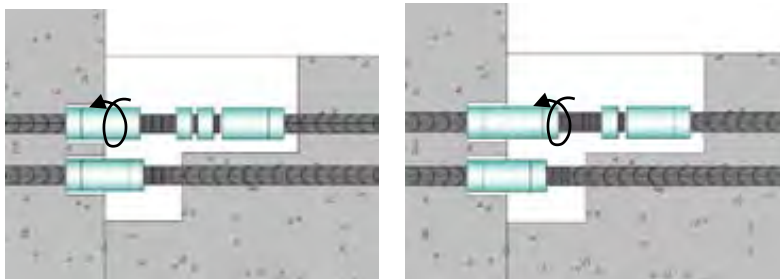
Gambar 10.7. Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 1-2)

- 3) Mengencangkan *nut coupler* sambungan tipe A
- 4) Melakukan hal yang sama pada semua sambungan tipe A
- 5) Meletakkan *positioning coupler* pada posisinya di sambungan tipe B



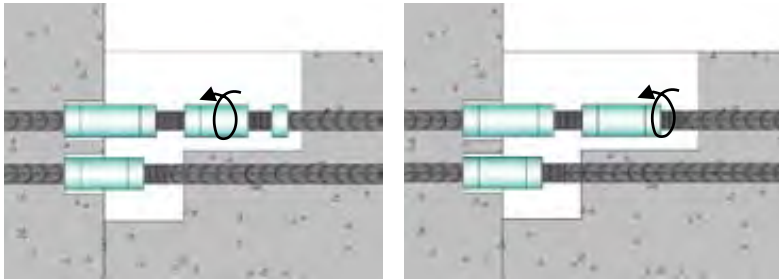
Gambar 10.8. Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 3-5)

- 6) Memutar *positioning coupler* ke kolom
- 7) Mengencangkan *nut* pada *positioning coupler* sambungan ke kolom



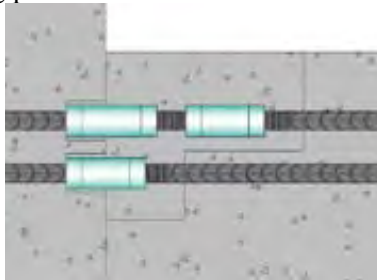
Gambar 10.9. Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 6-7)

- 8) Memutar *coupler* dari balok ke *positioning coupler* pada sambungan tipe B
- 9) Mengencangkan *nut* pada *positioning coupler* sambungan ke balok



Gambar 10.10. Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 8-9)

- 10) Melakukan hal yang sama pada semua sambungan tipe B
- 11) Melakukan *grouting* dengan *non-shrink grout* dan finishing perakitan



Gambar 10.11. Tahap Perakitan Sambungan Balok Kolom dengan Kopler Mekanis (langkah 10-11)

10.4.3. Perakitan sambungan antar kolom

Tahapan perakitan sambungan kolom dengan balok pada lantai integral yaitu sebagai berikut:

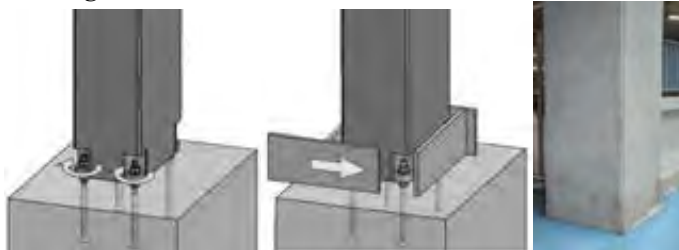
- 1) Sebelum ereksi kolom, dilakukan perataan level baut pada angkur.
- 2) Kolom diereksi ke lokasi layan dan diatur posisinya hingga *column shoe* tepat di atas angkur.

- 3) Kolom diturunkan hingga semua angkur masuk ke semua *column shoe* dengan benar.



Gambar 10.12. Tahap Perakitan Sambungan Antar Kolom (langkah 1-3).

- 4) Baut pengunci pada angkur dikencangkan untuk mengikat *column shoe*.
- 5) Dilakukan grouting pada celah antar kolom dengan *non-shrink grout*.



Gambar 10.13. Tahap Perakitan Sambungan Antar Kolom (langkah 4-5).

10.4.4. Perakitan struktur sekunder

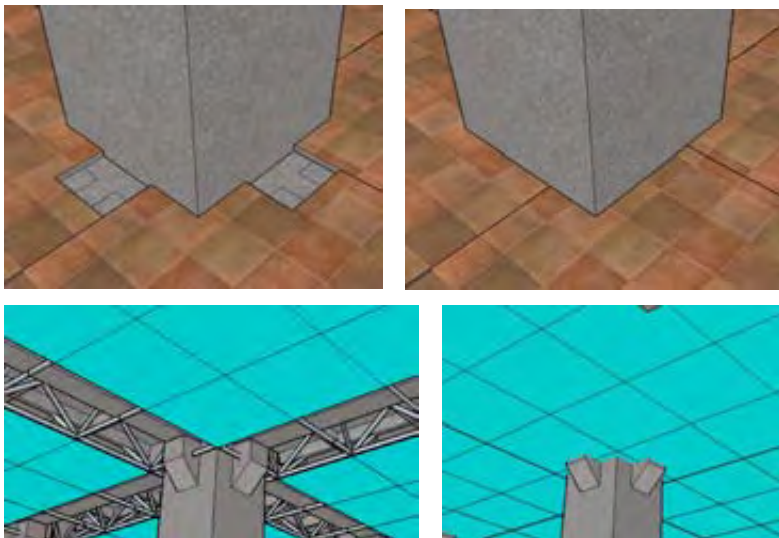
Setelah struktur primer selesai dirakit pada lantai, maka bisa diikuti dengan perakitan struktur sekunder, meliputi: fasad, dinding partisi, tangga, bordes, koridor, lift. Struktur sekunder selain yang terdapat pada lantai integral tidak dikaji dalam tugas akhir ini. Metode perakitan masing-masing elemen struktur sekunder mengikuti desain sambungan dan elemen struktur sekunder pabrikan tersebut.

10.5. Finishing

Setelah tahap perakitan struktur primer atau sekunder dilakukan, maka dilakukan tahap *finishing*. Karena sistem integral yang diterapkan telah memasukkan sebagian besar komponen utilitas dan *finishing*, maka tahap finishing yang dilakukan ini hanya sebagai penyempurnaan pelaksanaan di lapangan.

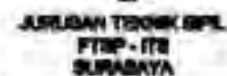
Untuk modular lantai integral dan kolom, finishing yang dilakukan meliputi:

- Pengerjaan spesi dan pemasangan keramik diatas daerah sambungan balok kolom yang telah di grouting.
- Penyambungan komponen utilitas antar modular lantai integral, meliputi jaringan sanitasi, mekanikal-elektrikal, sirkulasi, dan lain-lain.
- Pemasangan plafond akhir di daerah bawah balok induk.
- Perapian tampilan akhir seperti pengecatan pada daerah sambungan struktur yang belum tertutup atau pada daerah yang tampilannya mungkin rusak selama pelaksanaan.
- Pekerjaan-pekerjaan non-struktural lain yang belum termasuk ke dalam elemen integral.



Gambar 10.14. Tahap Finishing

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DESAIN DAN PERANCANGAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACAST INTRINSAL UNTUK
PERBANGKIHAN CIPTA
KECLAH BERTINGKAT
TAMAN SURIA

PROF. DR. TAVNE, RET., PH.D.
PROF. DR. DR. NEF PAKA, DHA

OFFICE: TEL: 011-26101111
FAX: 011-26101111

DIKEMAH SITUASI KASUS
INSTRUMEN LAMTAN INTERNAL

1. INTRODUCTION

PGC LIBRARY

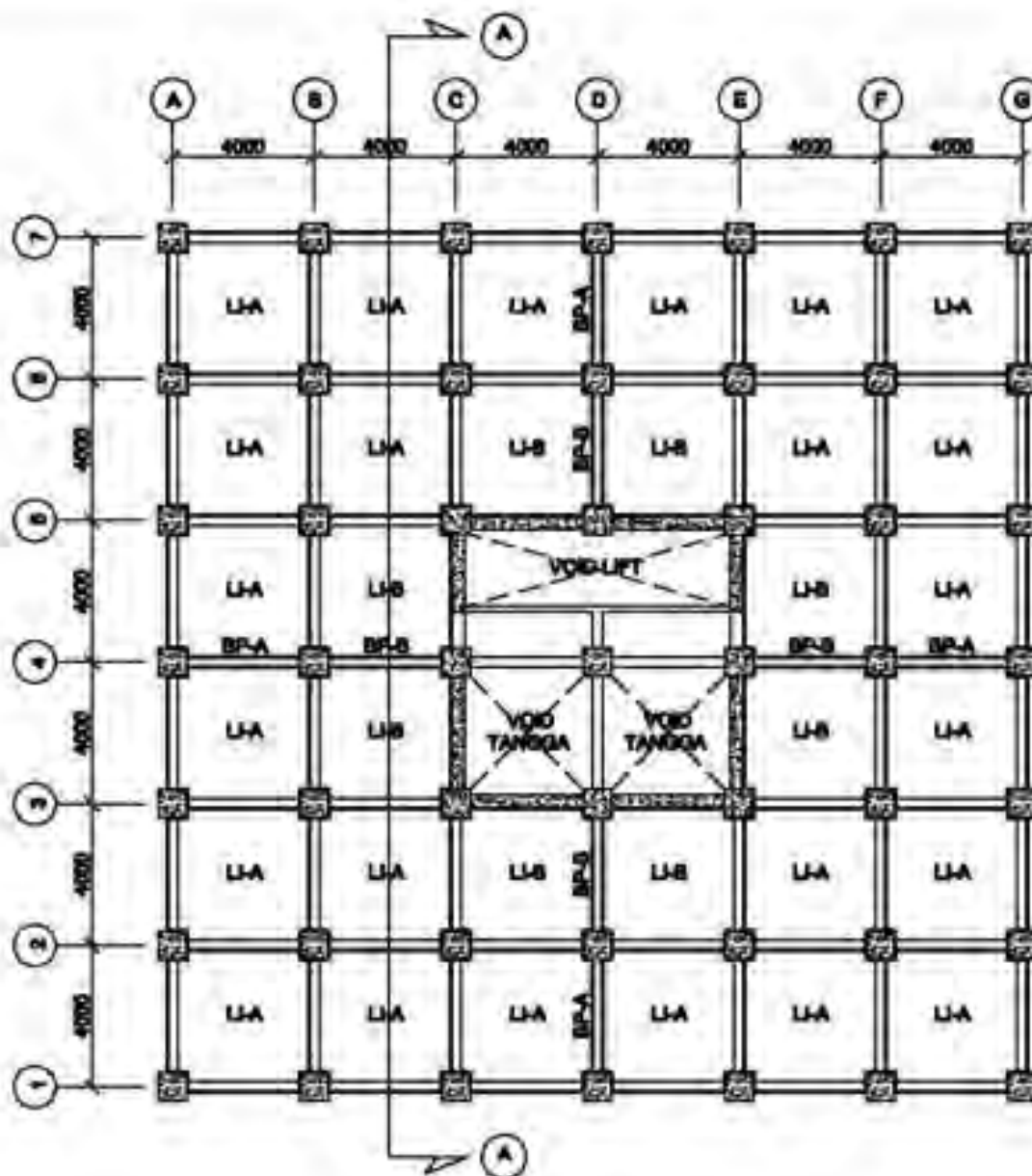
JOURNAL LENDING


1

10

CATATAN

LA-A : LAMTAS INTERNAL A
 LA-B : LAMTAS INTERNAL B
 BP-A : BALOK PELENGKAP A
 BP-B : BALOK PELENGKAP B




DENAH STUDI KAWAS BISTEM LANTAI INTEGRAL
 Skala 1 : 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERANCANGAN
SISTEM LANDAS BETON
PRACETAK EKSTERNAL UNTUK
PEMBAYARAN CIPAT
GEBANG BERTINGKAT
TAMAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAYO, S.T., PH.D.
PROF. DR. H. SUPRIATNA, DSA

MAHASISWA

OPANE JULIANDHAR
NRP. 5112101047

GAMBAR

DESAIN KOLOM

SKALA

1:100

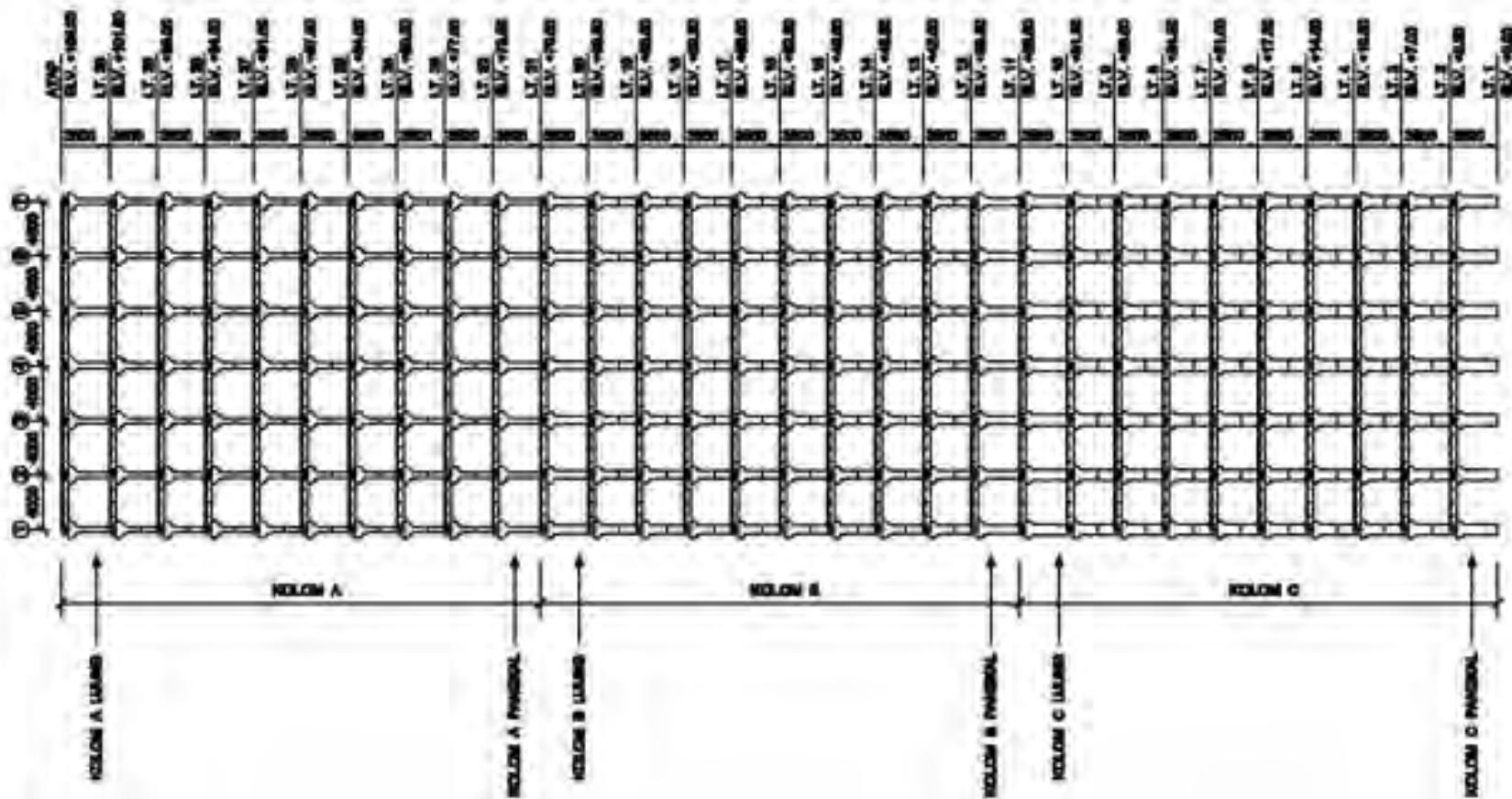
NOL LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

2

10

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERANCANGAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK INTEGRAL 18TUK
PERMANGKUAN CEMENT
MODUNG BERTINGKAT
TAJAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TANDU, M.T., PH.D
PROF. DR. IR. ROP RANA, DEA

MAHASISWA

GEFARI ZULKARNAIN
NRP. 3112103047

GAMBAR

MODULAR LANTAI INTEGRAL

SKALA

1 : 20

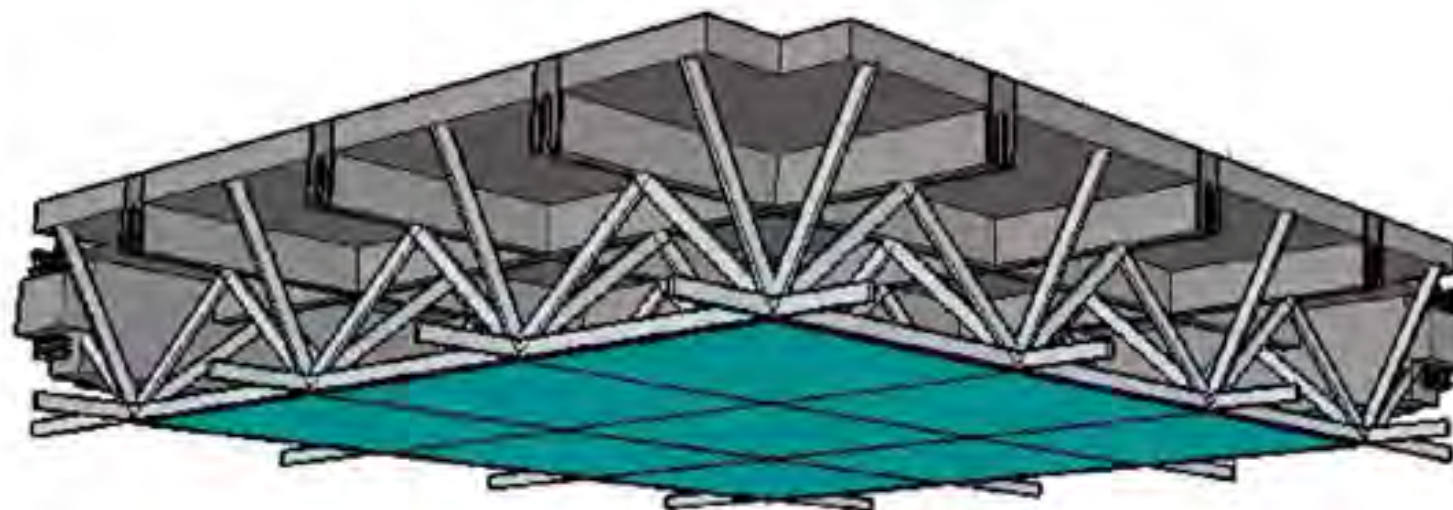
NO. LEMBAR

JARANG LEMBAR

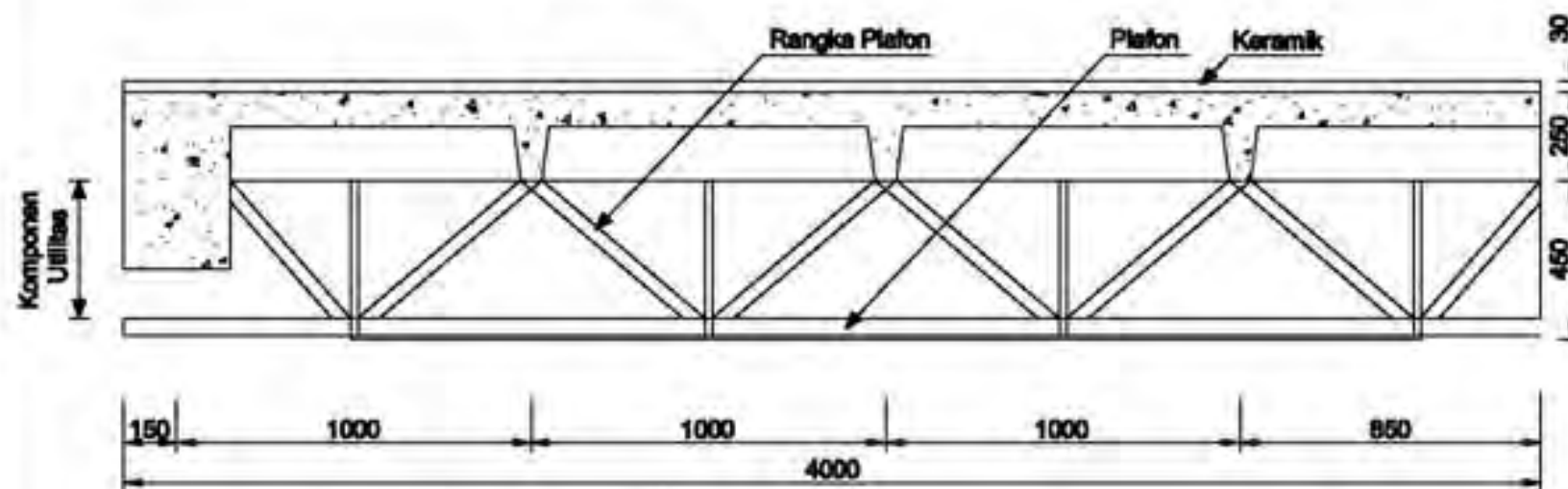
3

18

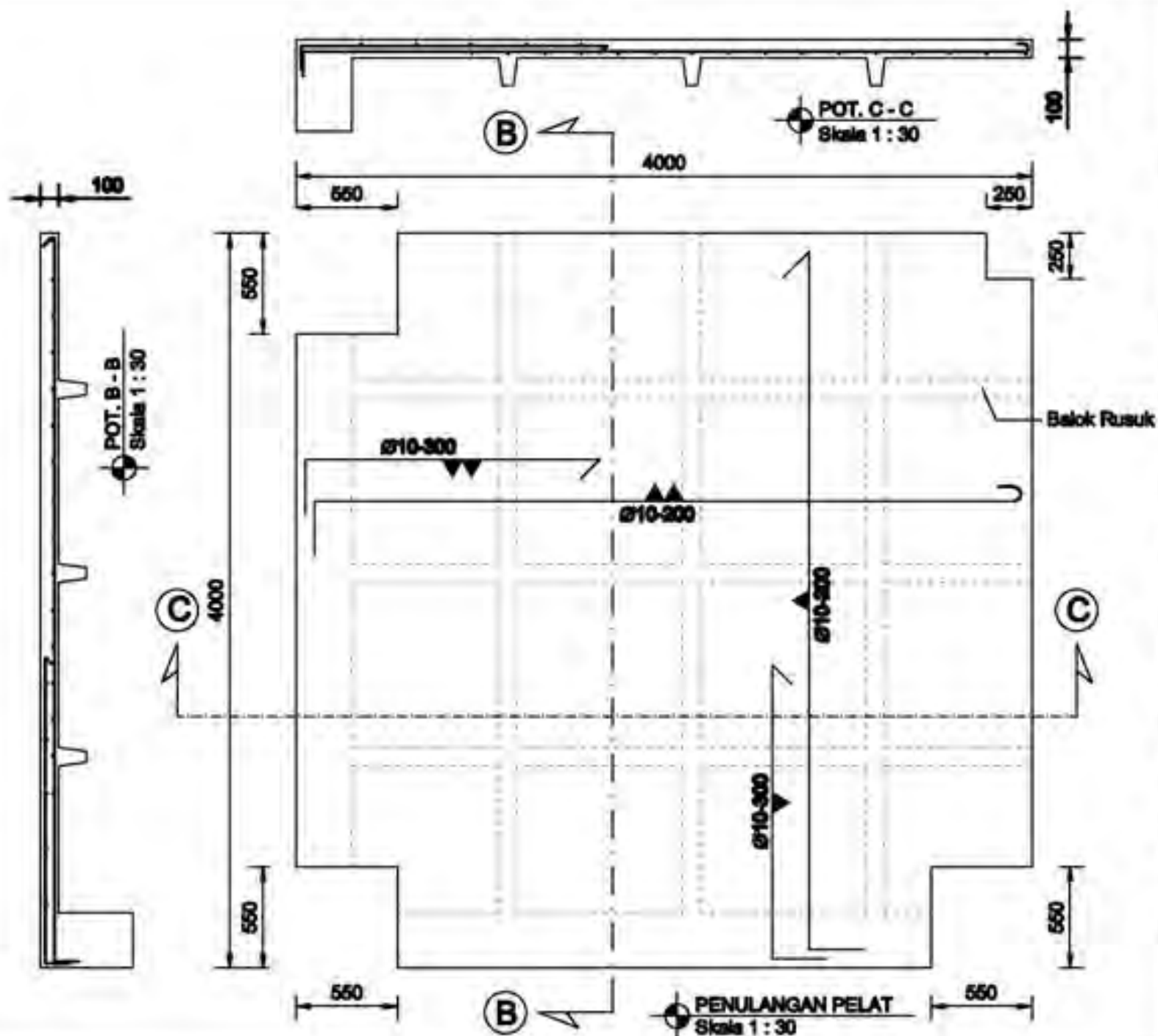
CATATAN



PERSPEKTIF MODULAR LANTAI BETON INTEGRAL



POT. LANTAI INTEGRAL
Skala 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERANCANGAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK INTEGRAL UNTUK
PEMBANGUNAN CEPAT
SEKELING BERTINGKAT
TAHAN GEMPAH

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAWEL, M.T., PH.D
PROF. DR. DR. RUP RANA, DEA

MAHASISWA

OFARI ZULKURNAIN
NRP. 2112103047

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT

SKALA

1:30

NO. LEMBAR

4

JUMLAH LEMBAR

16

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERENCANAAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK POTONGAN UNTUK
PENYALURAN OBAT
GELANG BERTINGKAT
TAMAN ORMA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAVEL, S.T., PH.D
PROF. DR. IR. SUPRIYA, DEA

MAHASISWA

DEFAE ZULKURNAWAN
NRP. 3112100047

GAMBAR

DETAIL PERENCANAAN
BALOK PERSEK

SKALA

1 : 30

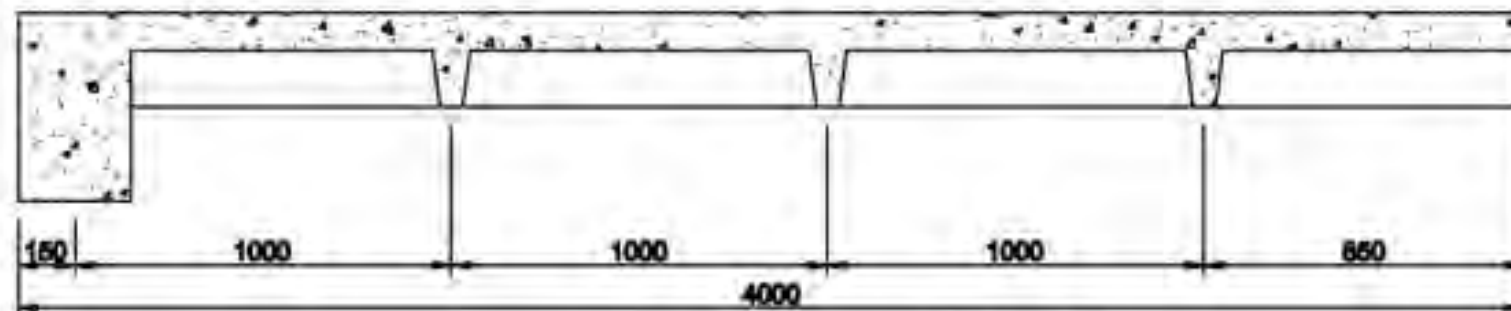
NO. LEMBAR

8

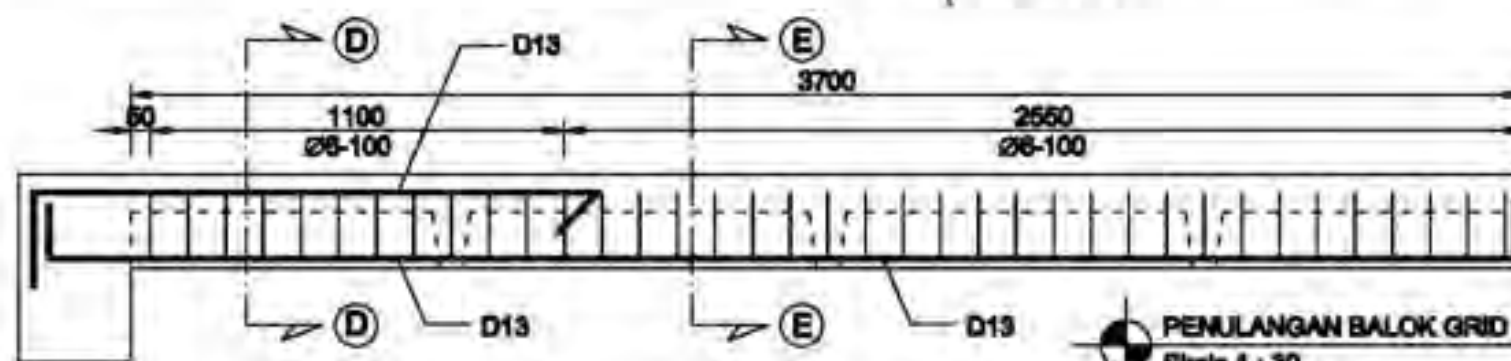
JUMLAH LEMBAR

18

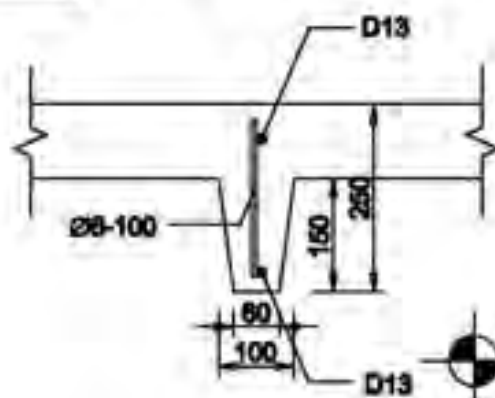
CATATAN



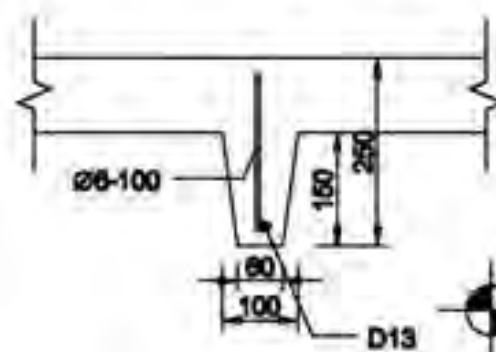
POT. C - C
Skala 1 : 30



PENULANGAN BALOK GRID
Skala 1 : 30



POT. D - D
Skala 1 : 30



POT. E - E
Skala 1 : 30



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

REKONSTRUKSI DAN PERAWAHLAN
SISTEM LANTAI BETON
PONDOKAN INTERNAL UNTUK
PERAWAHLAN CEPAT
GELANG BERTINGKAT
TANPA GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAWO, S.T., Ph.D.
PROF. DR. H. KIP HAGA, DEA

MAHASISWA

GIYAN SULKHANAH
NIM. 3112102047

GAMBAR

DETAIL PERAWAHLAN
BALOK BOKOR B

SKALA

1:25

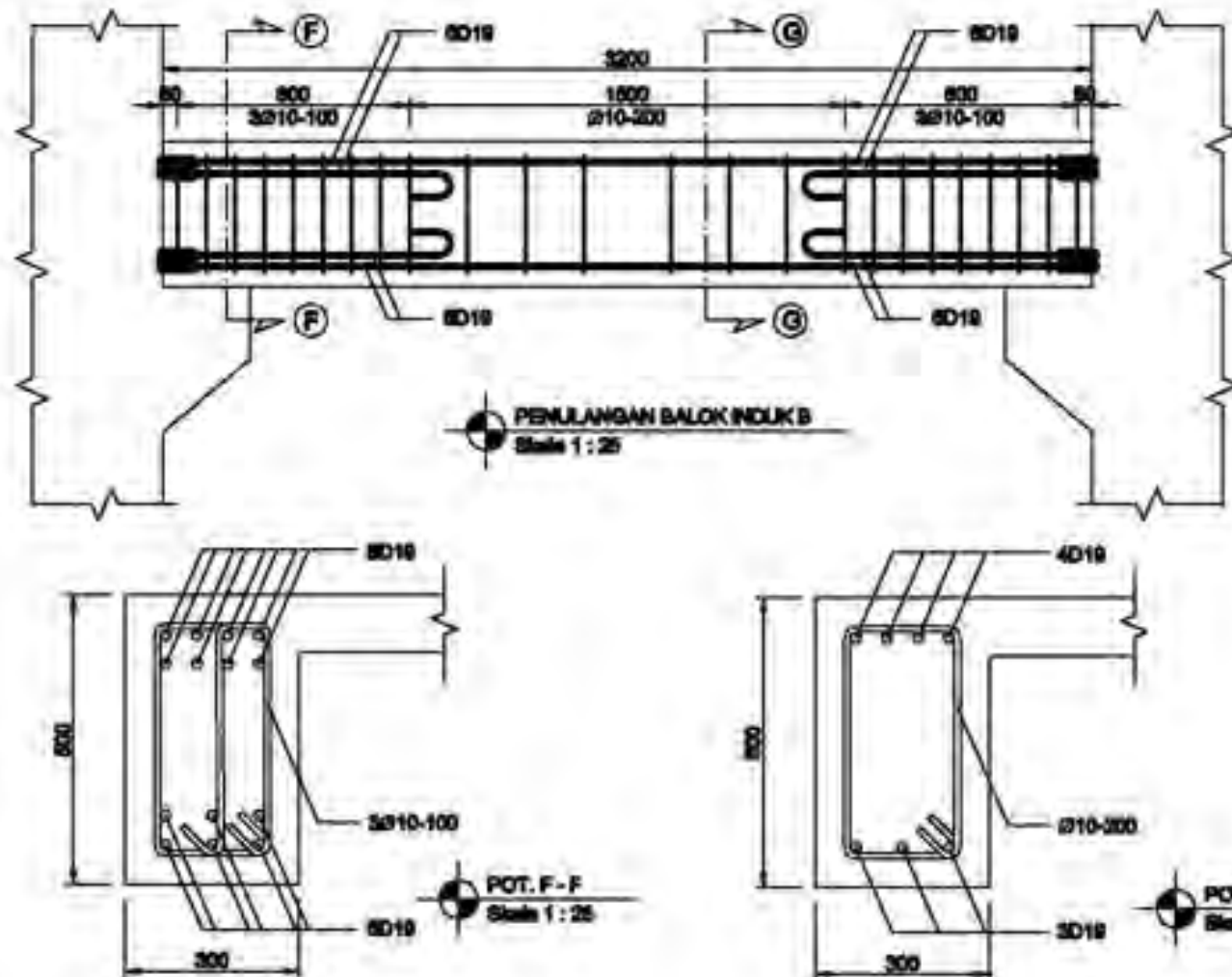
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

8

19

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERANCANGAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK INTEGRAL UNTUK
PENGAMBILAN CECAT
SEKELING BERTINGKAT
TAMAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAYU, M.T., PH.D
PROF. DR. DR. SIP RAKA, DEA

MAHASISWA

DEVIN JULIANNAH
NRP. 2112100047

GAMBAR

DETAIL PERLENGKAPAN
BALOK BOKOK A

SKALA

1 : 25

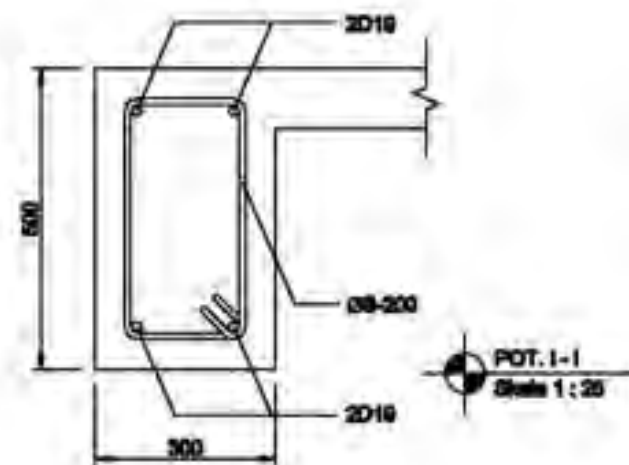
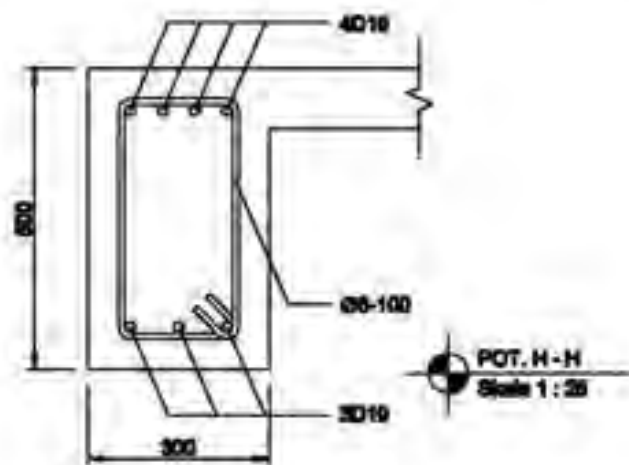
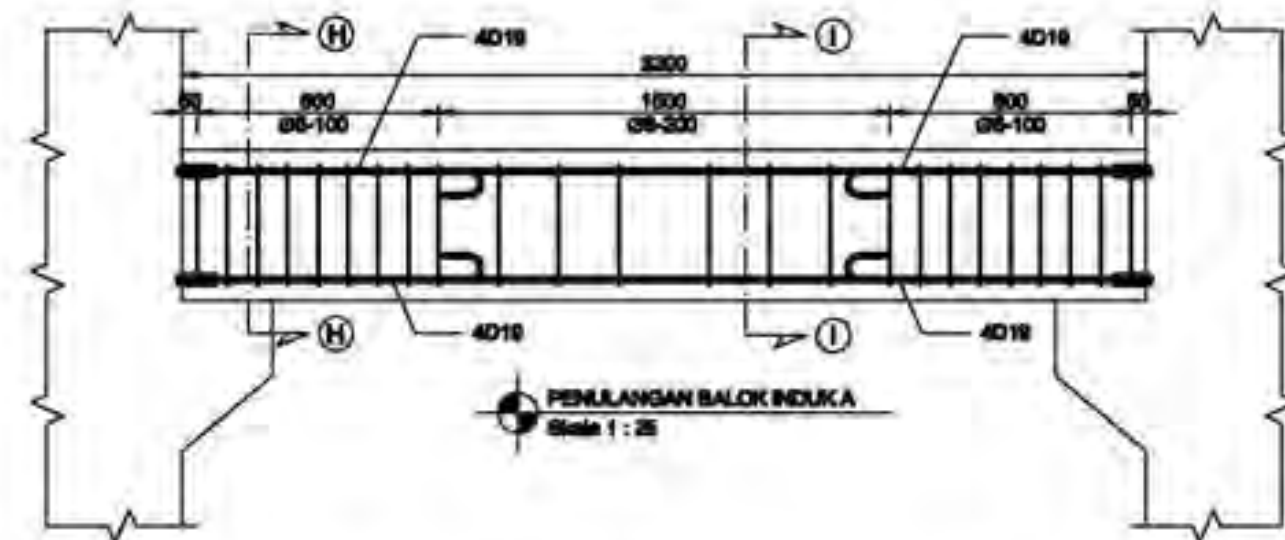
NO. LEMBAR

7

JUMLAH LEMBAR

10

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PEMERIKSAAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK POTENSIAL UNTUK
PERAWAHLAN CEPAT
GEBUNG BERTINGKAT
TANPA GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. DAVID, MT., PhD
PROF. DR. IR. KIP RAKA, DEA

MAHASISWA

OPARI SULJONAH
NRP. 2112100047

GAMBAR

DETAIL PERULANGAN KOLOM A

SKALA

1 : 20

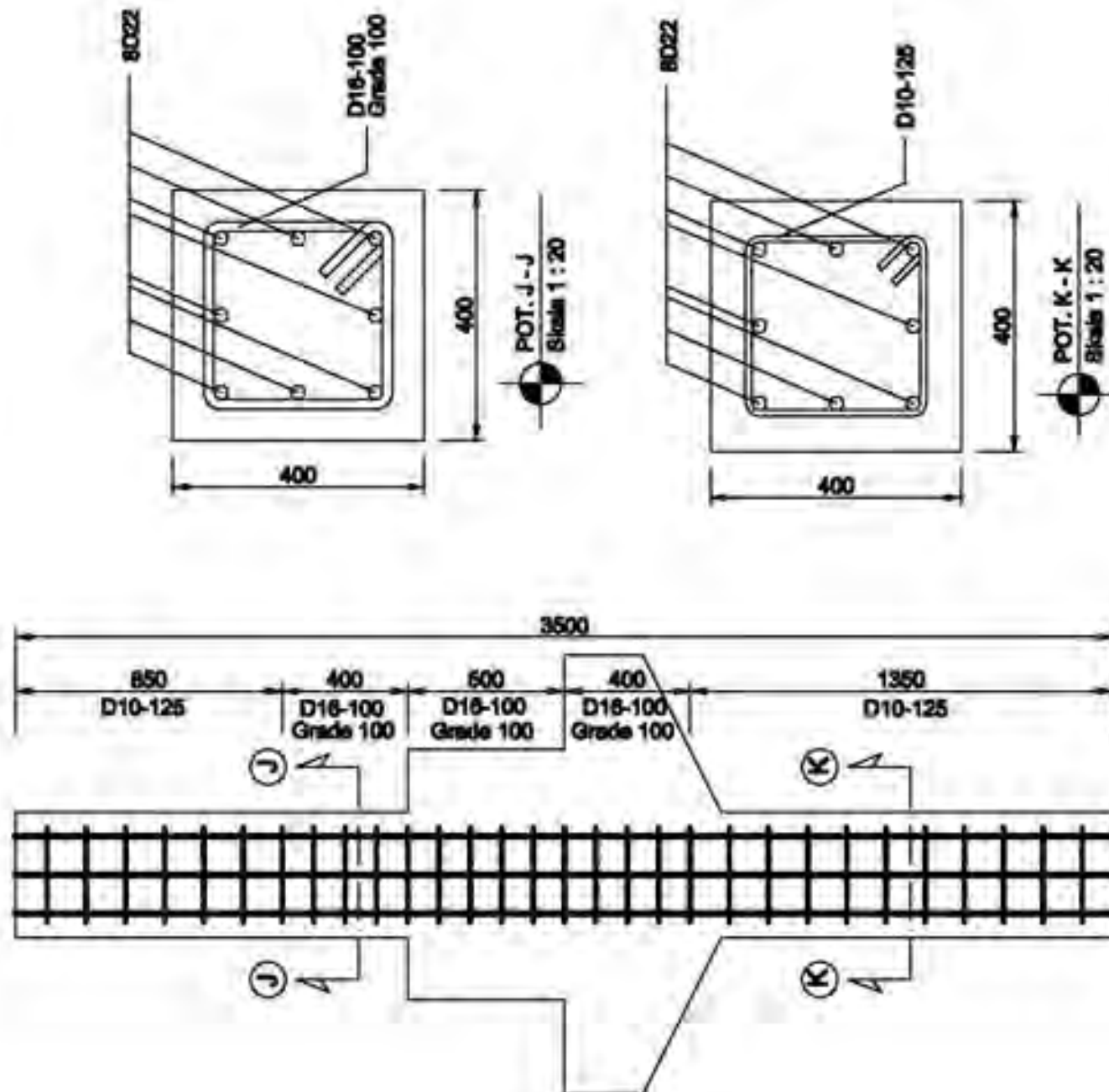
NO. LEMBAR

8

JUMLAH LEMBAR

10

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERANCANGAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACEYAN INTENSIF UNTUK
PEMBANGUNAN CEPAT
BERANGKAS BERTINGKAT
TANPA GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAVEL, M.T., PH.D
PROF. DR. IR. SUPRIYATI, DEA

MAHASISWA

DEWU ZULKARNAIN
NRP. 3112100047

GAMBAR

DETAIL PEMULANGAN KOLOM B

SKALA

1 : 20

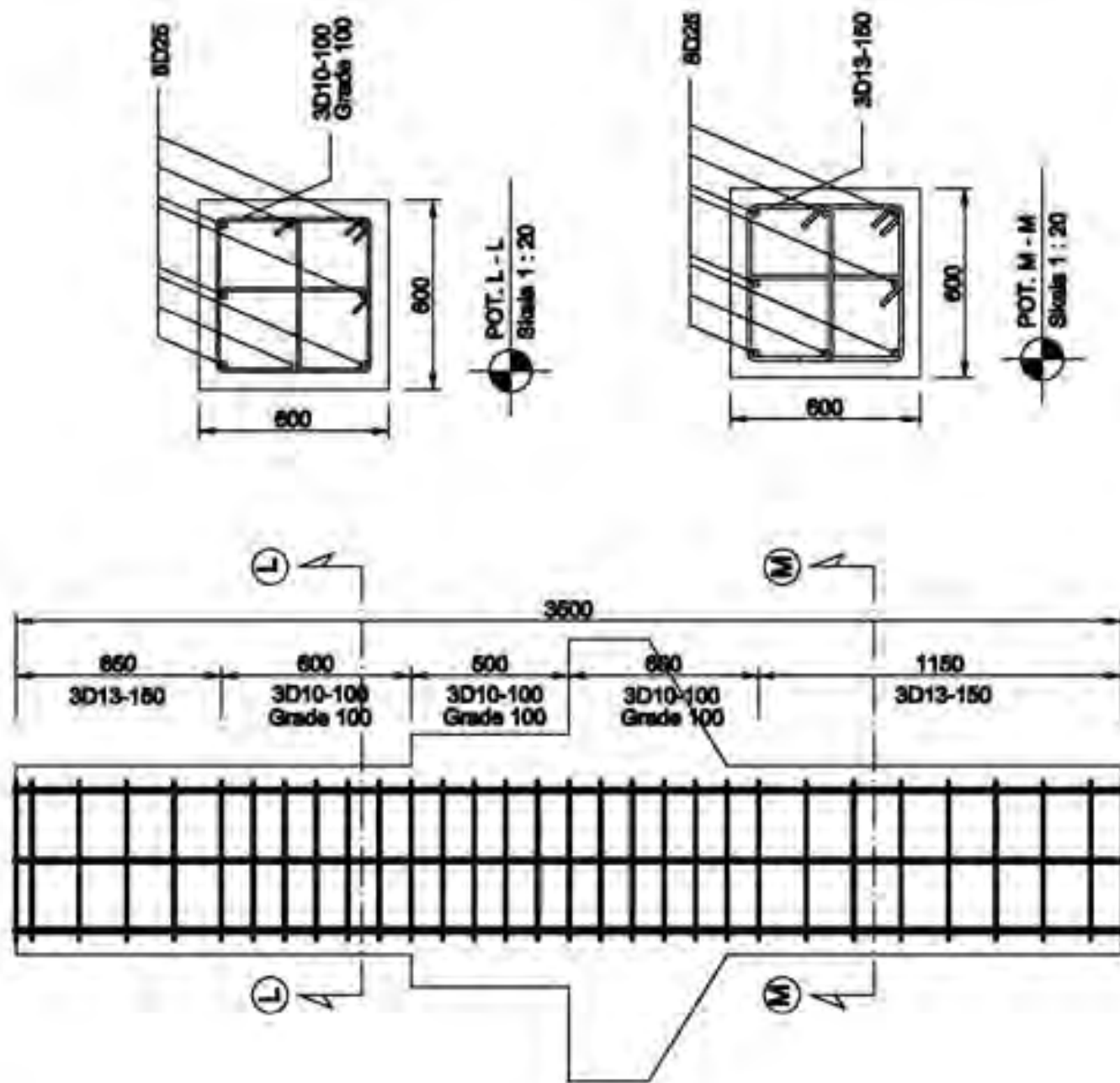
NO. LEMBAR

8

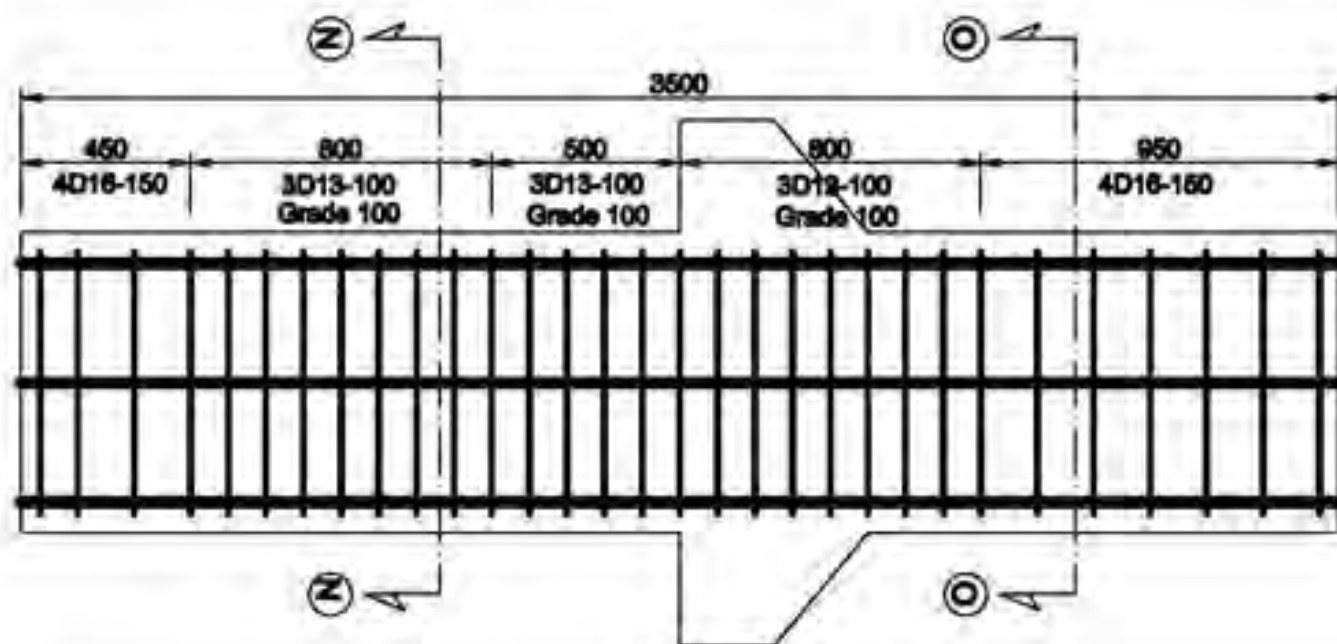
JUMLAH LEMBAR

18

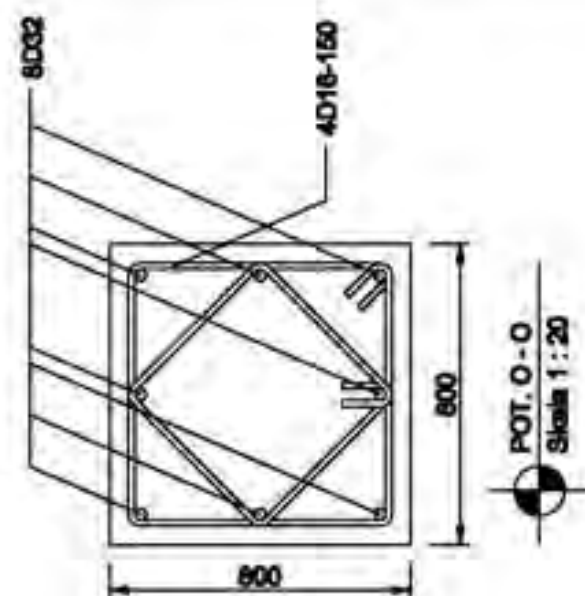
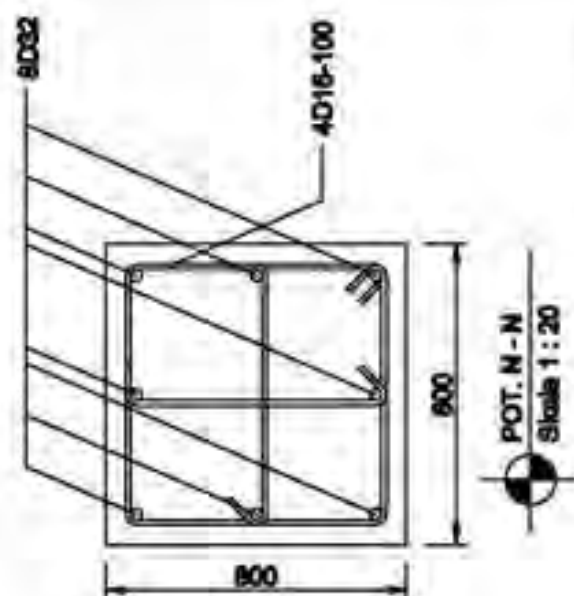
CATATAN



PENJULANGAN KOLOM B
Skala 1 : 20



PENULANGAN KOLOM C
Skala 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

REKAM DAN PERENCANAAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK RITIBIPAL UNTUK
PERBANDINGAN CIPAT
SEKELING BERTINGKAT
TAMAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAWO, S.T., PH.D
PROF. DR. R. SUPRANA, DSA

MAHASISWA

GEFARI ZULICHAMEN
NRP. 3112100007

GAMBAR

DETAIL PERULANGAN KOLOM C

SKALA

1 : 20

NOL. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
10	10

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERANCANGAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK INTEGRAL UNTUK
PERAMBULAN CEPAT
GELANG BERTINGKAT
TANPA GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TANIGUCHI, M.T., PH.D
PROF. DR. DR. RIF RAKA, DEA

MAHASISWA

RIFAE ZULJANNABI
NPM. 3112100047

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
ANTAR MODUL LANTAI INTEGRAL

SKALA

1 : 10

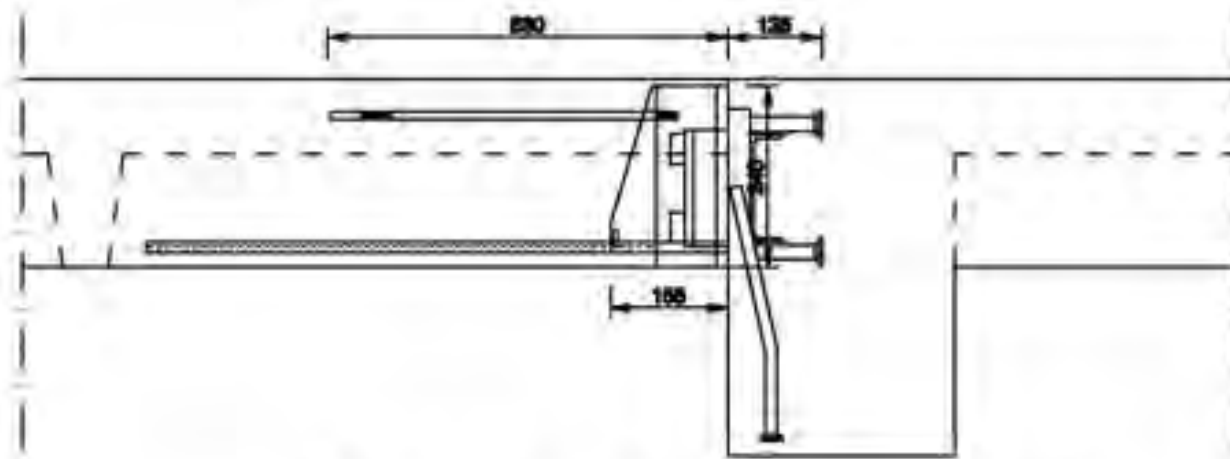
NO. LEMBAR

11

JUMLAH LEMBAR

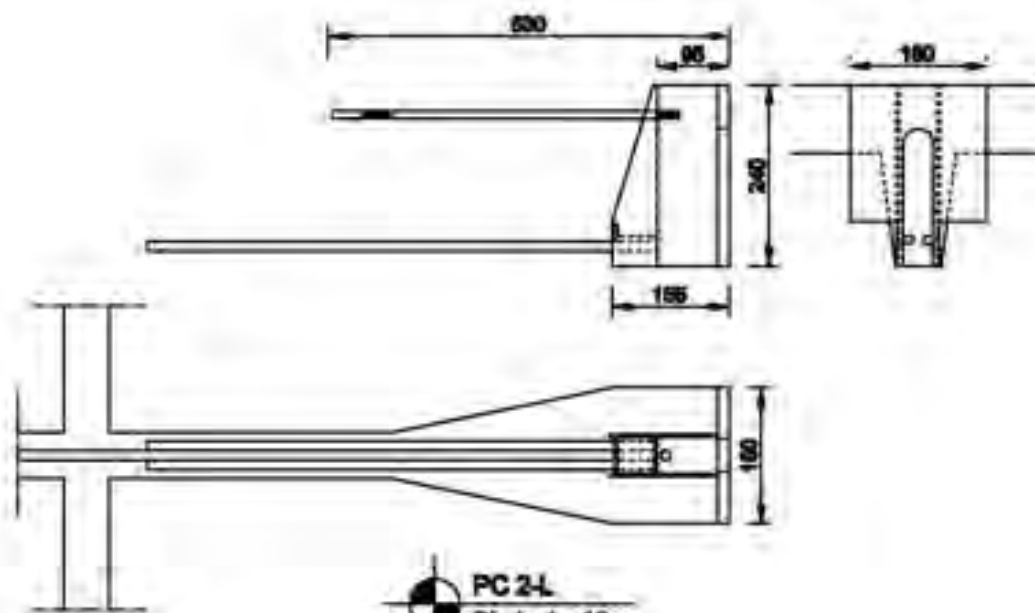
18

CATATAN



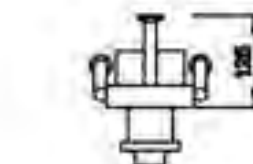
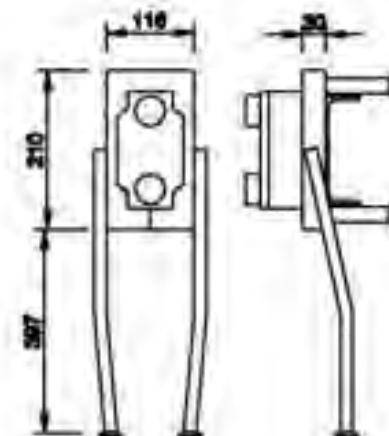
DETAIL SAMBUNGAN ANTAR MODUL LANTAI INTEGRAL

Skala 1 : 10



PC 2-L

Skala 1 : 10



PC 2 UP

Skala 1 : 10



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERENCANAAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK INTERIUR UNTUK
PENGAMBILAN GEMPAK
GEDUNG BERTINGKAT
TUAH GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TIMO, M.T., PH.D
PROF. DR. DR. DR. RANA, DEA

MAHASISWA

OPUS ZULKARNEN
NIP. 21030807

GAMBAR

DETAIL PERENCANAAN KONKREK

SKALA

1:25

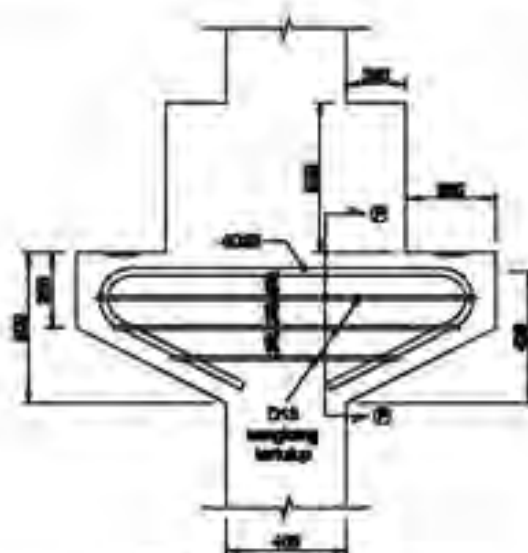
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

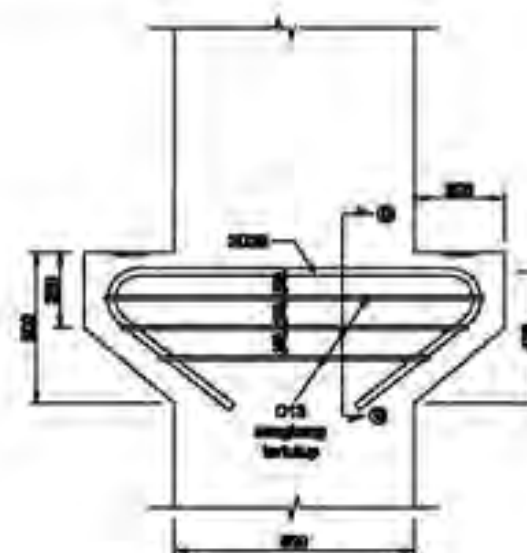
12

20

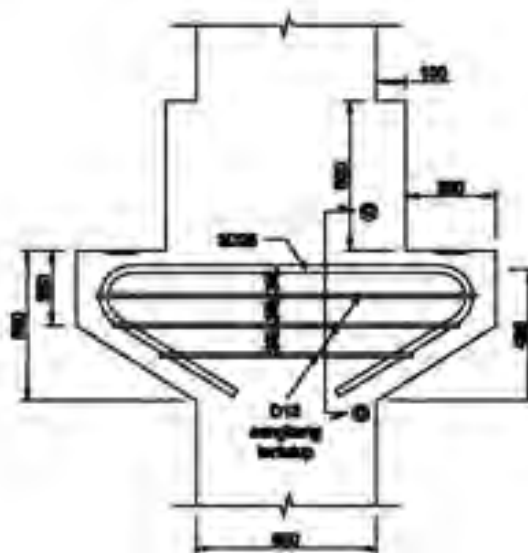
CATATAN



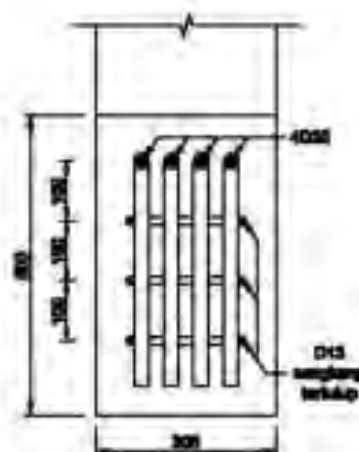
DETAIL KONKREK LANTAI A
Skala 1:25



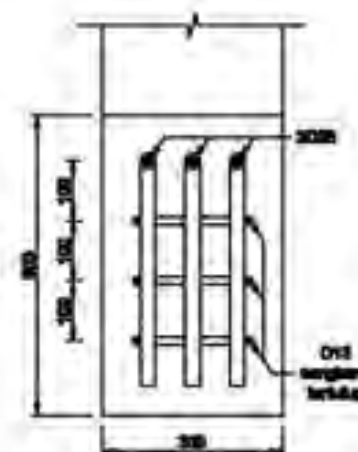
DETAIL KONKREK LANTAI C
Skala 1:25



DETAIL KONKREK LANTAI B
Skala 1:25



POT. P-P
Skala 1:25



POT. Q-Q
Skala 1:25



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERENCANAAN
SISTEM LANTAI NETON
PENCETAK INTENSIF UNTUK
PENGANGKUTAN CEPAT
GROUING BERTINGKAT
TANPA GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TANDU, MT., PhD
PROF. DR. R. W. RANA, DEA

MAHASISWA

GEFANE ELJONORAHIN
NPM. 3112103047

GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK-KOLOM

SKALA

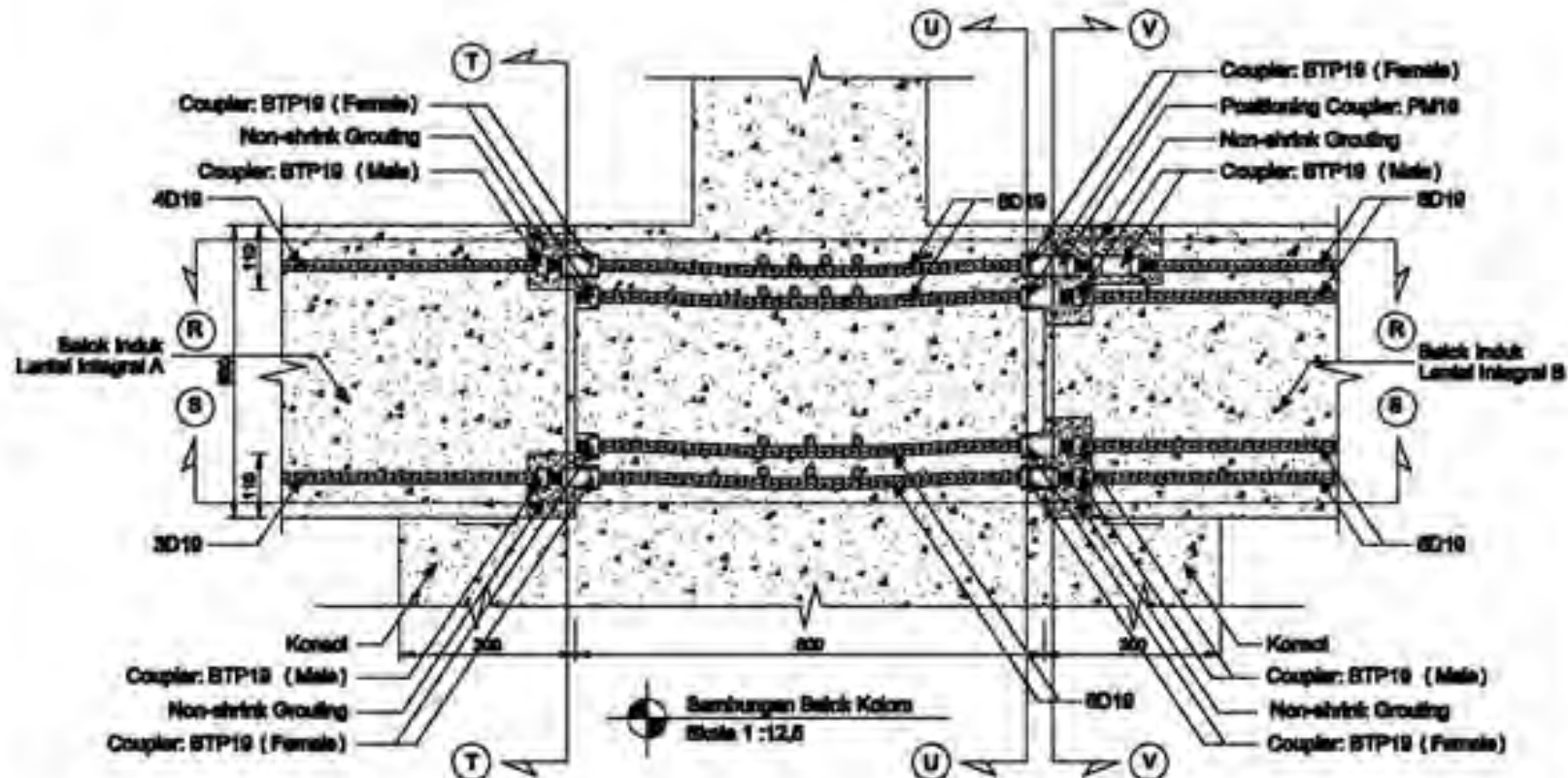
1 : 12,5

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

18

18

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERANCANGAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK INTERIUR UNTUK
PERBANGUNAN CEPAT
GROUING SERTIFIKAT
TAMAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAYO, M.T., Ph.D
PROF. DR. IR. SUPRANA, DEA

MAHASISWA

DEFARE ZULKARNAIN
NPM. 3112102047

GAMBAR

DETAIL BANGUNAN SALOK KOLAM

SKALA

1 : 12,5

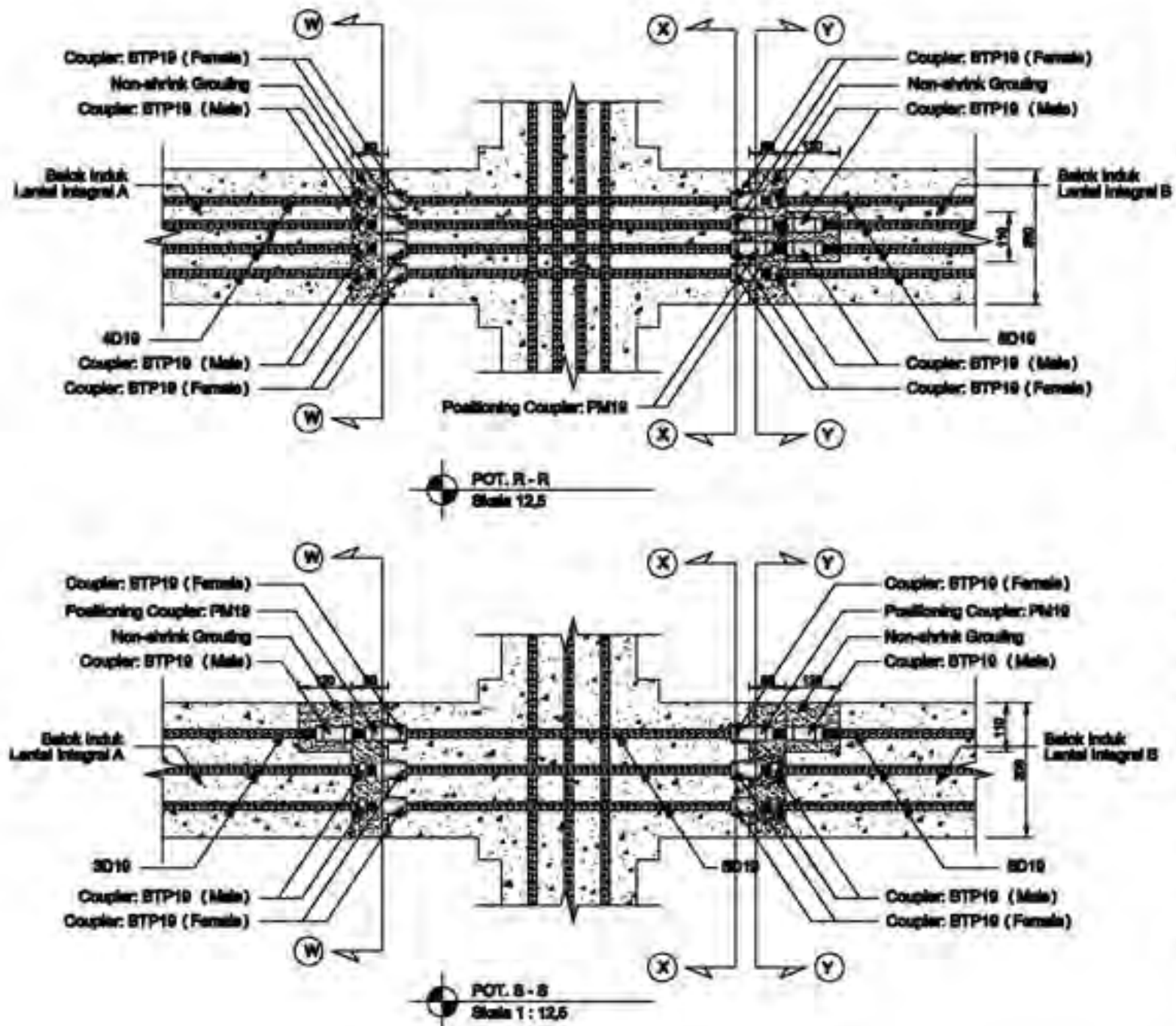
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

14

19

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERAWAKAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK INTERIUR UNTUK
PEMBANGUNAN CEPAT
GEDUNG BERTINGKAT
TAMAH USMIPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAMO, M.T., PH.D
PROF. DR. IR. SUP RAGA, DEA

MAHASISWA

DEWI ZULKARNEN
NRP. 2112100267

GAMBAR

DETAIL BANGUNAN BALOK KOLON

SKALA

1 : 10

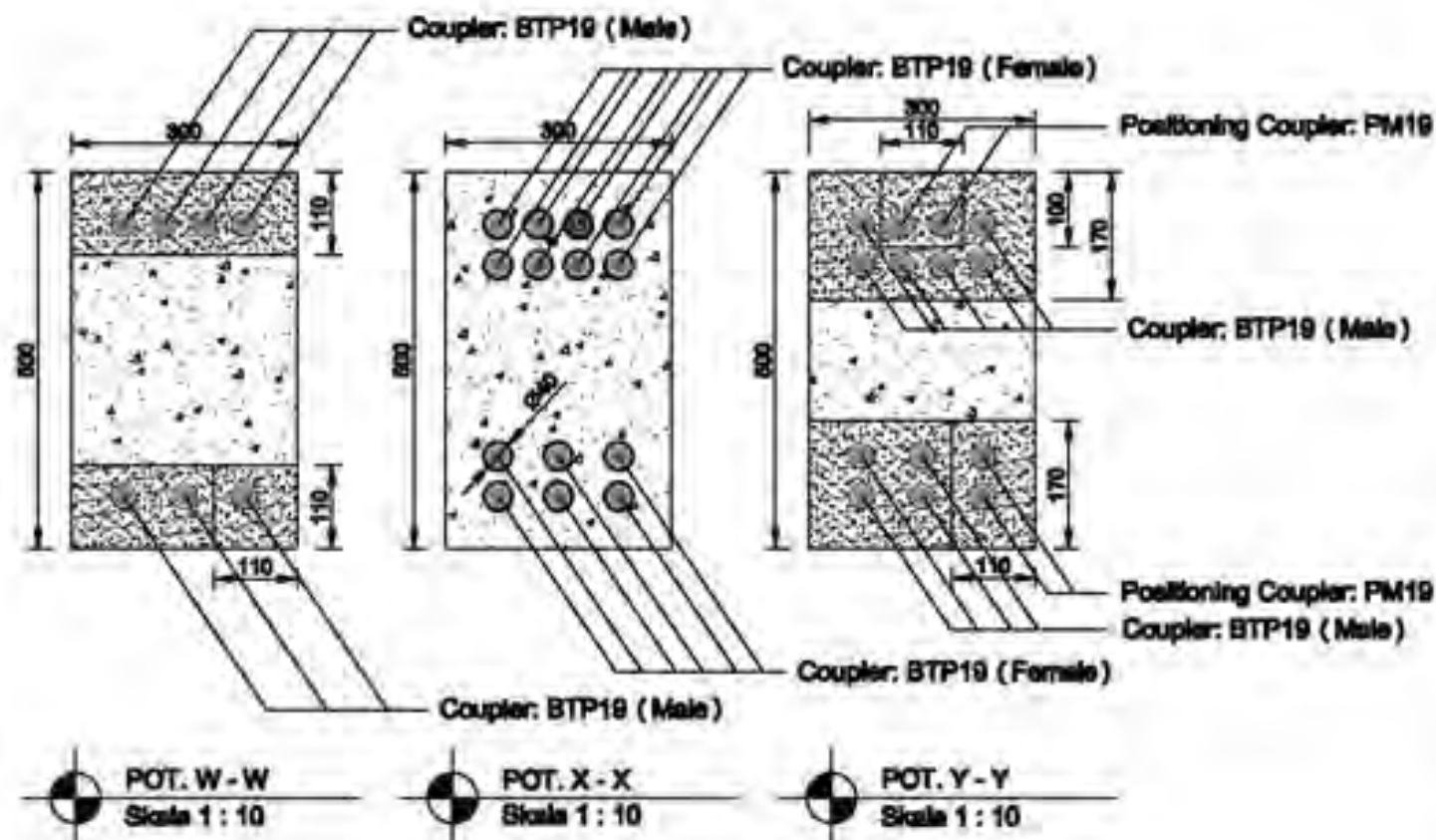
NO. LEMBAR

JMLH LEMBAR

18

18

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DIRAHU DARI PERENCANAAN
KONSTRUKSI LANTAI BERTUMBUH
PRACETAK INTERAKTIF UNTUK
PENGALIHAN BEBAN
TANPA GEMPA.

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAWO, S.T., PH.D.
PROF. DR. R. SUPRANA, DSA

MAHASISWA

GIYAN ZULKARNAIN
NRP. 511210047

GAMBAR

HUBUNGAN KOLOM & PONDASI
SAMBUNGAN ANTAR KOLOM C

SKALA

1 : 20

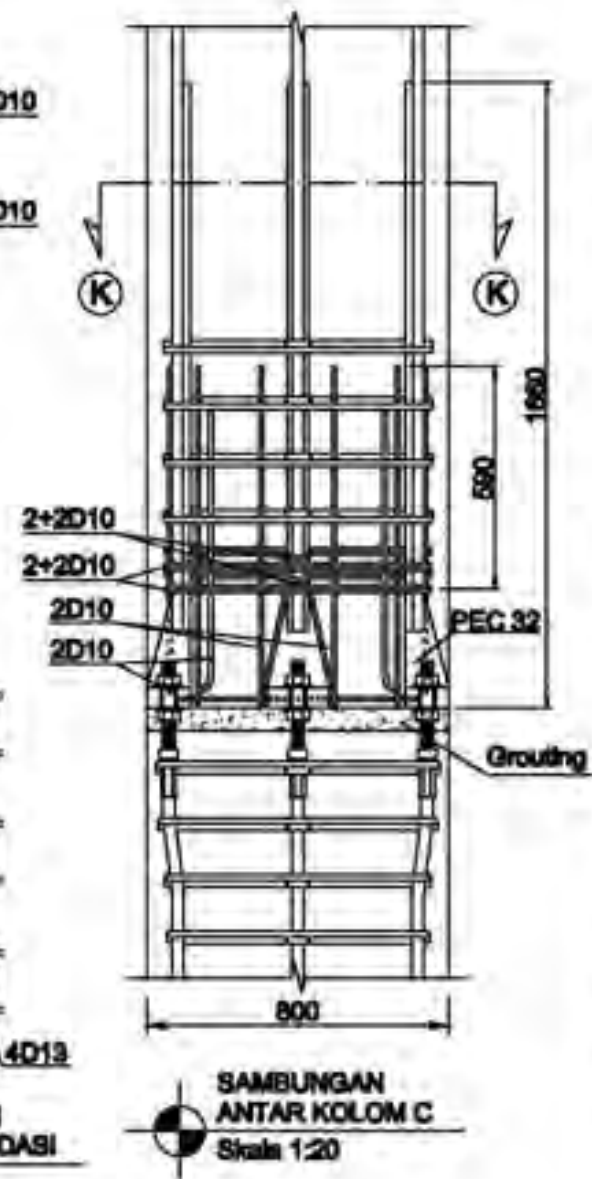
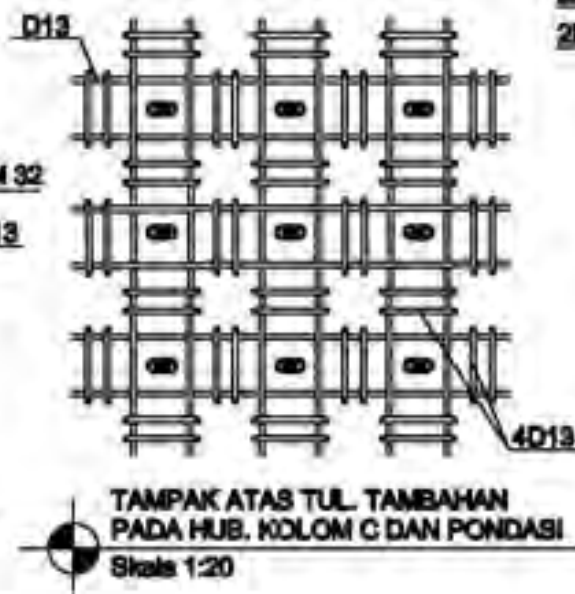
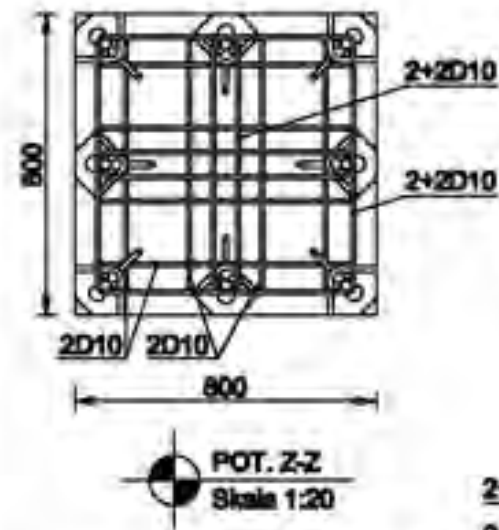
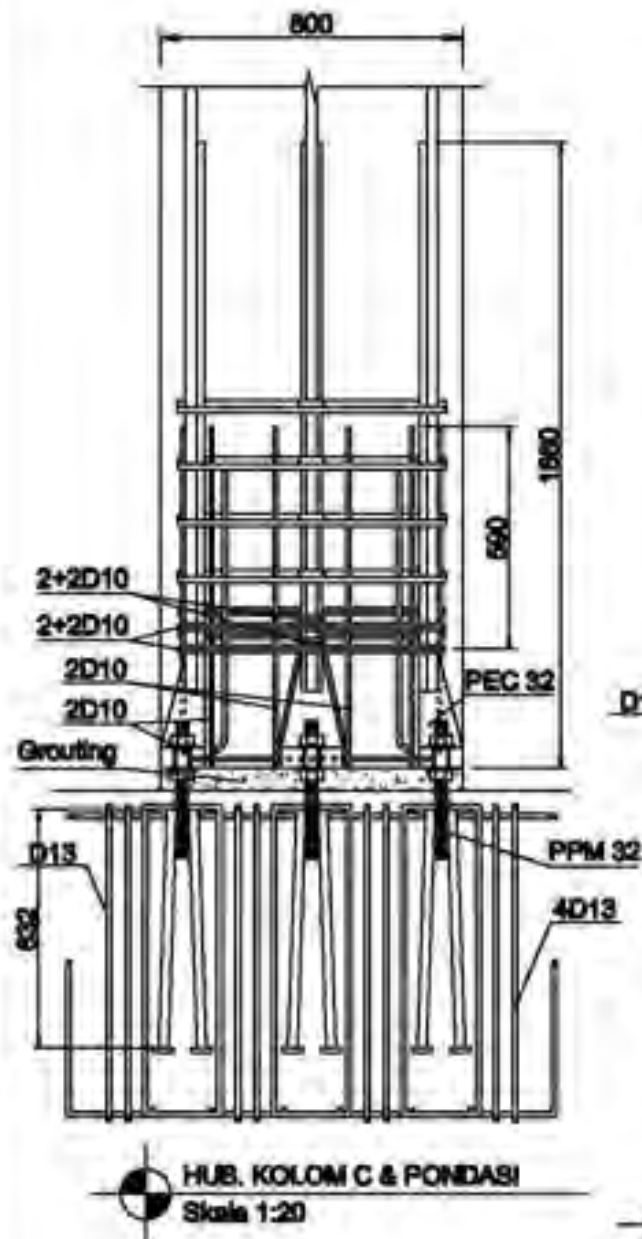
NO. LEMBAR

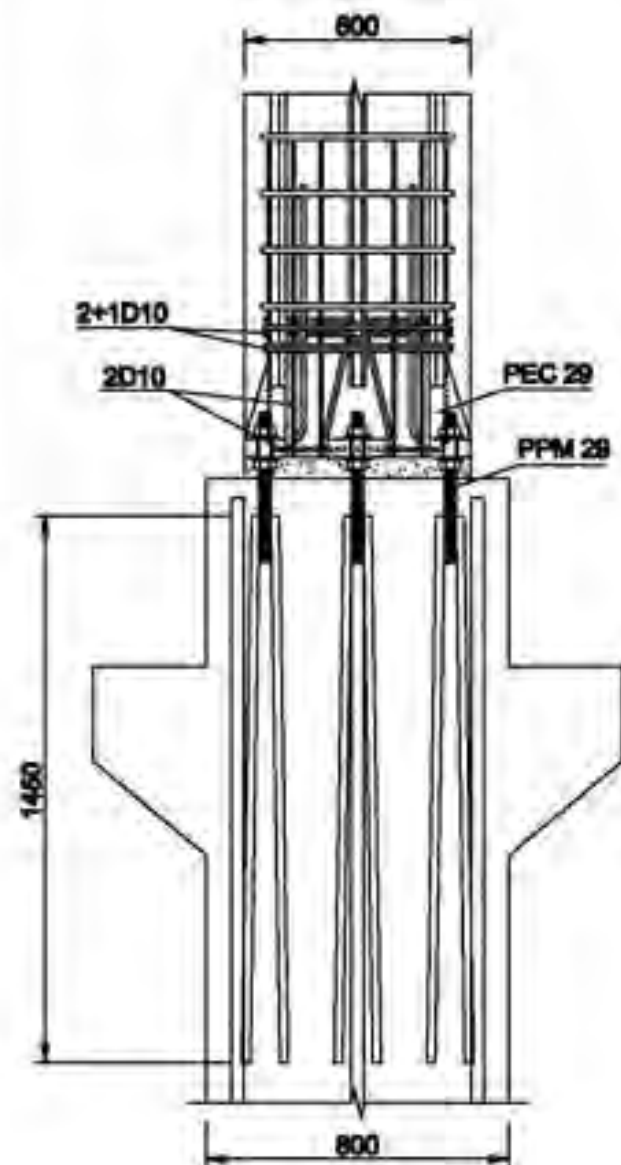
18

JUMLAH LEMBAR

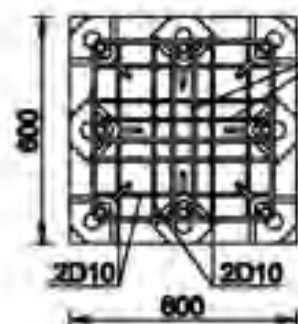
19

CATATAN

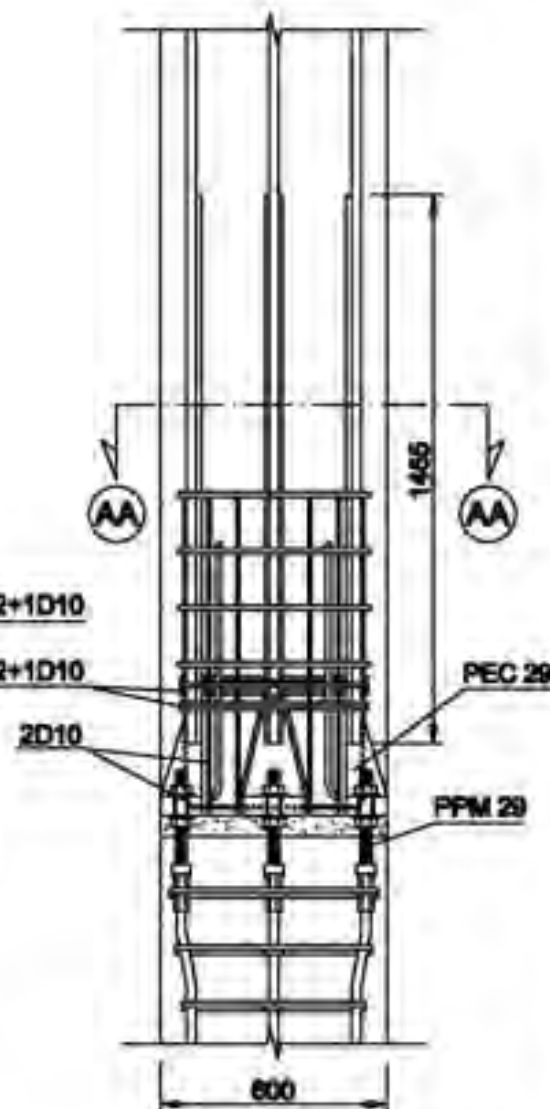




SAMBUNGAN KOLOM B & C
Skala 1:20



POT. AA-AA
Skala 1:20



SAMBUNGAN ANTAR KOLOM B
Skala 1:20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERENCANAAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACASTRIK PRESTRESI UNTUK
PEMBANGUNAN CEPAT
BERANGKUT SERTIFIKAT
TANPA ORANG

DOSEN PEMBIMBING

PROF. M. TAMEL, M.T., PH.D
PROF. DR. ILL. HEP HANA, DEA

MAHASISWA

DEWI ZULKHAIRAH
NPM. 2112100047

GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM B & C,
SAMBUNGAN ANTAR KOLOM B

SKALA

1:20

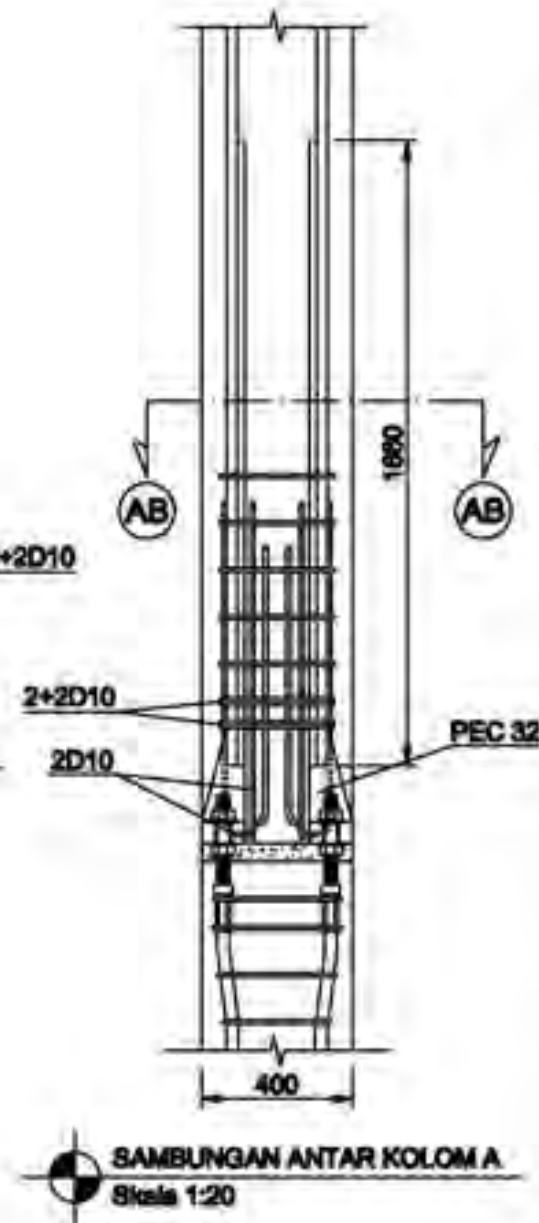
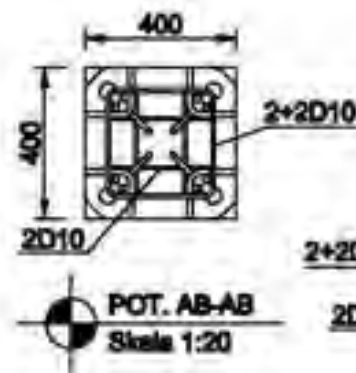
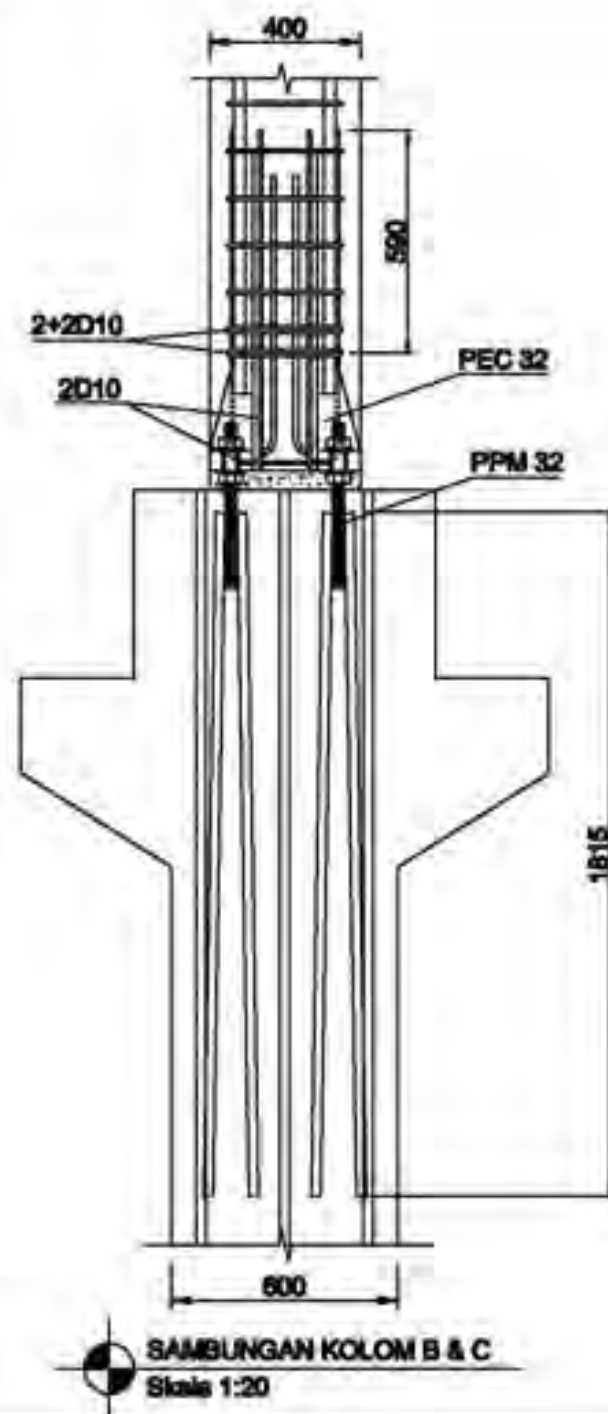
NO. LEMBAR

17

JUMLAH LEMBAR

18

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERENCANAAN
SISTEM LANTAI BETON
PRACETAK INTENSIF UNTUK
PERBAHILAN CEMEN
GELANG BERTINGKAT
TAMBAH GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TAVEL, S.T., Ph.D.
PROF. DR. IR. SIPRANA, DEA

MAHASISWA

DEFA ZELENWASH
NRP. 3112103047

GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM A & B,
SAMBUNGAN ANTAR KOLOM A

SKALA

1:20

NO. LEMBAR

18

JUMLAH LEMBAR

18

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PERANCANGAN
SISTEM LAMPAU BETON
PENCETAK INTEGRAL UNTUK
PENGALIHAN CEPAT
SALURAN BERTINGKAT
TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. TOTO, M.T., Ph.D
PROF. DR. IR. RIZKI RAHA, DEA

MAHASISWA

OPRIK ZULHANNAN
NPM. 2112100007

GAMBAR

TRANSPORTASI MODULAR

SKALA

1 : 125

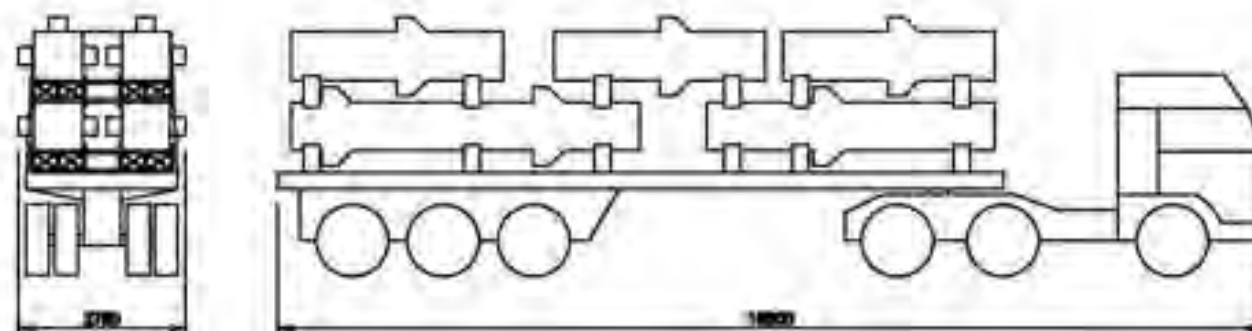
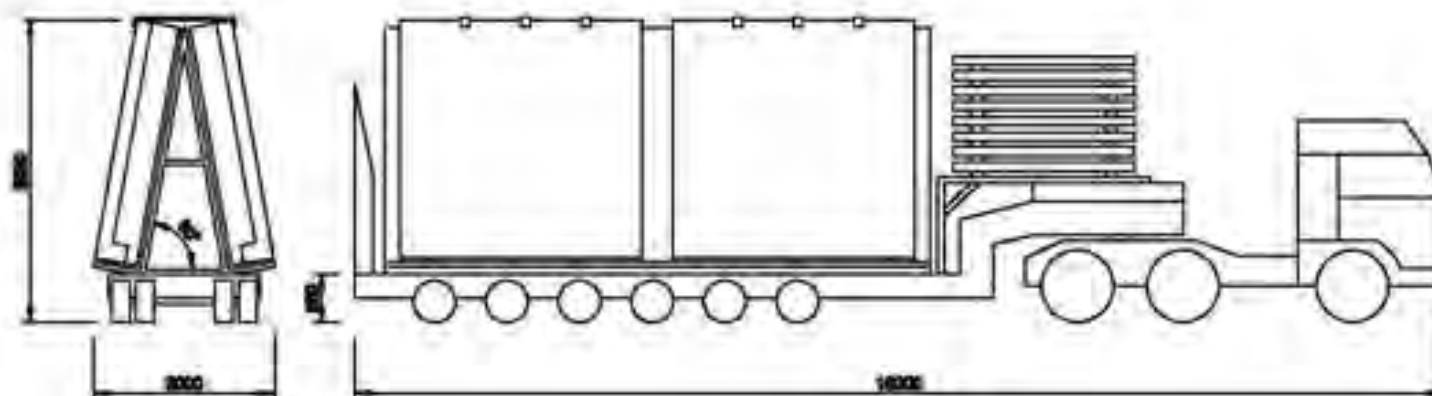
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

18

19

CATATAN



TRANSPORTASI MODULAR
Scale 1:125



JENKA Lifting System

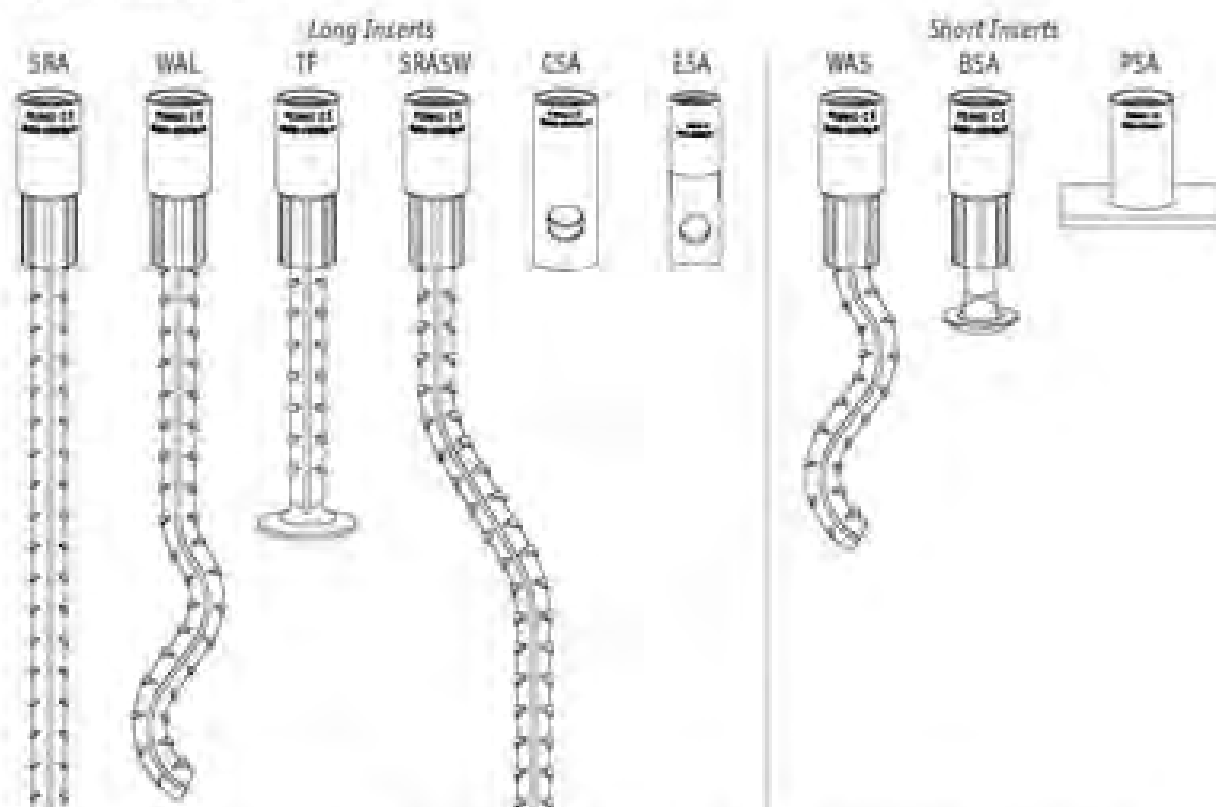
For safe and efficient lifting of precast
concrete elements

Version: Peikko Group 10/2015



JENKA Lifting Inserts consists of two groups. The first group, JENKA Long Inserts, is for applications with sufficient anchoring depth, such as walls and beams. This group includes JENKA Lifting Inserts such as SRA, WAL, TE, CSA, ESA, and SRASW. The second group, JENKA Short Inserts, is for applications with only limited anchoring depth, such as slabs. This group includes inserts such as WAS, BSA, and PSA. All JENKA Lifting Inserts are cast into concrete elements to enable the elements to be lifted after the concrete hardens. For this reason, JENKA Lifting Inserts can only be used once. Figure 3 shows the groups of long and short JENKA Lifting Inserts. Peikko's JENKA Lifting Inserts are available with electrogalvanized sockets as standard, as well as black and stainless steel sockets upon request.

Figure 3. JENKA Lifting Inserts.



JENKA Lifting Accessories facilitate the application of the JENKA Lifting System components. The range of accessories consists of marking items, such as DSH or JID, installation items, such as NPP, NNR, FS, or NPM, and sealing items, such as PNP, PNP-S, or CPP. The marking items help users to identify the insert after setting. The installation items ease the installation procedure and help to fix the inserts into the mold with minimal effort. The sealing items are for closing the opening on concrete for the insert, to avoid dirt and pollution. Figure 4 shows the range of accessories available for the JENKA Lifting System.

Figure 4. JENKA Lifting Accessories.



1.1 JENKA Long Inserts

JENKA Long Inserts (SRA, WAL, TF, SRASW, CSA, and ESA) are used in applications such as walls and beams where sufficient anchoring depth is available. This section describes the product properties of JENKA Long Inserts. Peikko standard products are always delivered with Peikko Rd thread, which enables full compatibility with M thread. All dimensions given in this section are valid for all finishes and both Rd and M threaded items equally.

JENKA Inserts – both long and short – are ideal for all types of lifting operation. The SRASW Insert is a special lifting insert designed to lift and transport sandwich elements. The bending transfers the anchoring closer to the element's center of gravity enabling the element to be lifted in a more vertical position.

The SRA Insert is particularly good for long, thin elements. All of these inserts can be used for all load directions.

Peikko's standard products are always delivered galvanized. All dimensions given in this section are valid for all finishes.

JRd30: JENKA Lifting Insert specialized Rd30 thread (standard item)

JM30: JENKA Lifting Insert metric M30 thread (available upon request)

1.1.1 Dimensions

JENKA Long Inserts are available in standard lengths as shown in Figure 8 and Figure 9 and in Table 2 and Table 3. JENKA Lifting Inserts with customized lengths for special purposes are available upon request.

Figure 8: SRA, WAL, TF and SRASW Insert types

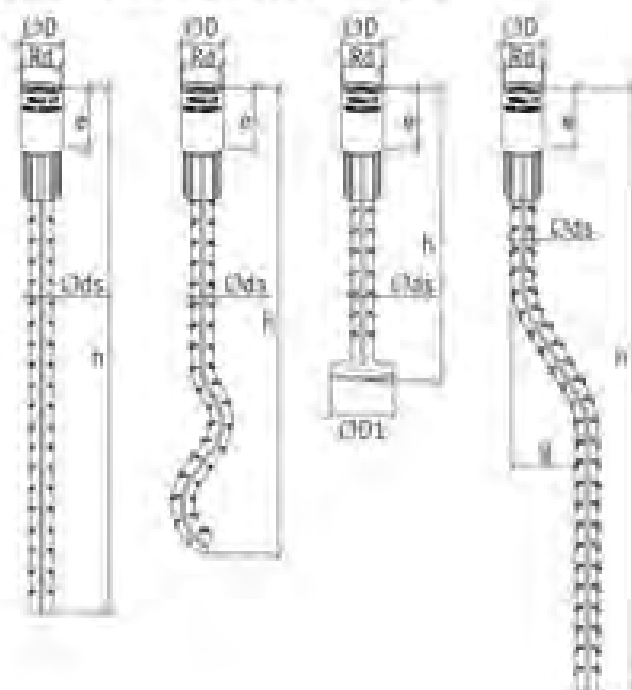


Table 2. Dimensions of SRA/WAL/TF/SRASW inserts.

Item No. JRd/JH	Dimensions						SRA	WAL	TF Short	TF Long	SRASW
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Ød ₁ [mm]	ØD1 [mm]	g [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]
12	12	15.0	22	8	24	—	195	135	100	150	—
14	14	18.0	25	10	30	—	235	170	105	155	—
16	16	21.0	27	12	36	—	275	215	130	175	—
18	18	24.0	34	14	42	—	305	235	150	225	—
20	20	27.0	35	14	42	50	360	255	180	250	605
24	24	31.0	43	16	48	60	400	350	200	275	715
30	30	40.0	56	20	60	80	505	450	275	350	850
36	36	47.0	68	25	75	70	690	570	335	450	1100
42	42	54.0	80	28	84	70	840	620	385	500	1250
52	52	67.0	100	32	96	70	950	880	550	700	1500

Cross-hole inserts, such as CSA or ESA, can cover more individual geometry. Thanks to their short length, they can be utilized in a wide range of elements. Additional rebar is needed and can easily be installed. Figure 9 and Table J show the dimensions of these products.

Figure 9. CSA and ESA insert types.

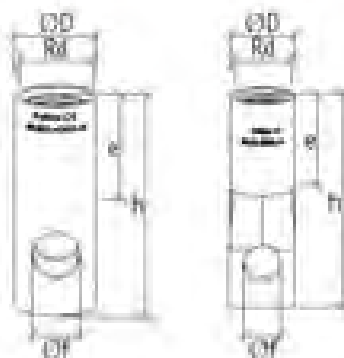
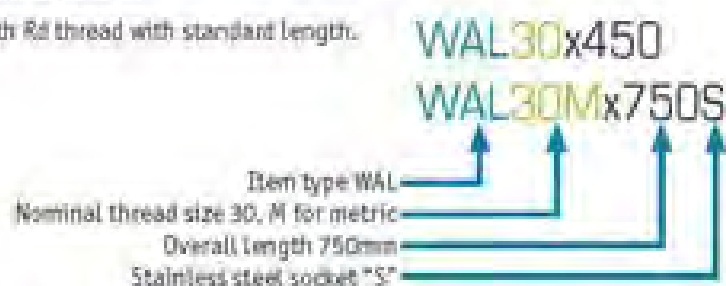


Table 3. Dimensions of CSA/ESA Inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions				CSA	ESA
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	E [mm]	ØH [mm]	h [mm]	h [mm]
12	12	15.0	22	8.0	40	60
14	14	18.0	25	10.5	47	70
16	16	21.0	27	13.0	54	77
18	18	24.0	34	13.0	65	85
20	20	27.0	35	15.5	67	92
24	24	31.0	43	18.0	77	100
30	30	40.0	56	22.5	105	—
36	36	47.0	68	27.5	125	—
42	42	54.0	80	32.0	145	—
52	52	67.0	100	40.0	195	—

Order example for Pelikko JENKA Lifting Inserts. All standard Pelikko JENKA Lifting Inserts have Rd thread and electrogalvanized sockets.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

Selecting items such as SRA30 or SRA30x505 defines the same product because a standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use the following code: SRA30xL (L in mm). This method can be applied to all other products such as WAL or TF inserts.

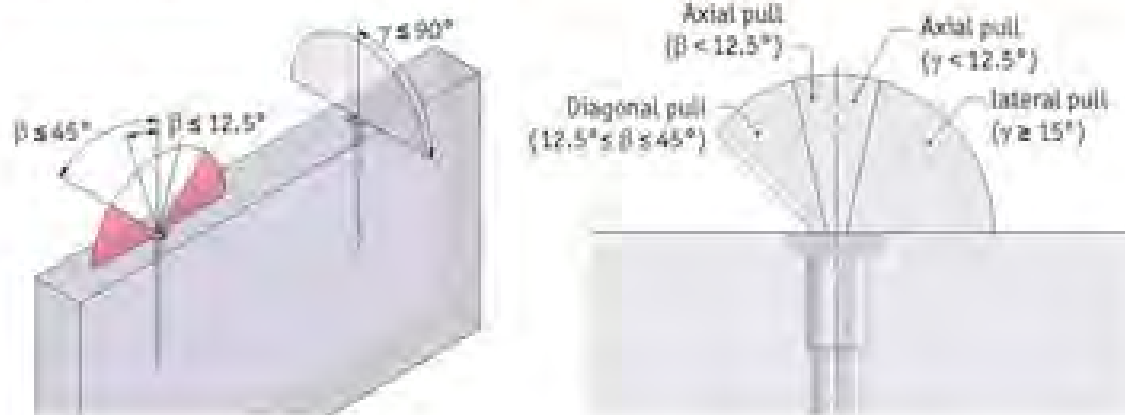
The safe working load (SWL) capacities are based on specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting the insert, take note of the selection assumptions in this manual. The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15MPa.

The safe working loads (SWL) of JENKA Long Inserts are shown in Table 6. Take care to select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 10 illustrates the load directions related to this table.

Table 6. Safe working load (SWL) for JENKA Long Inserts.

Item No. JRd/JM	Load Class	SRA, WAL, TF, ESA, CSA, SWL for β of 0-45° [kN]	SRA, WAL, TF SWL for γ of 90° [kN]	SRASW SWL for β 0-30° [kN]
12	500	5	2.5	—
14	800	8	4	—
16	1200	12	6	—
18	1600	16	8	—
20	2000	20	10	20
24	2500	25	12.5	25
30	4000	40	20	40
36	6300	63	31.5	63
42	8000	80	40	80
52	12500	125	62.5	125

Figure 10. Load directions for JENKA Long Inserts.



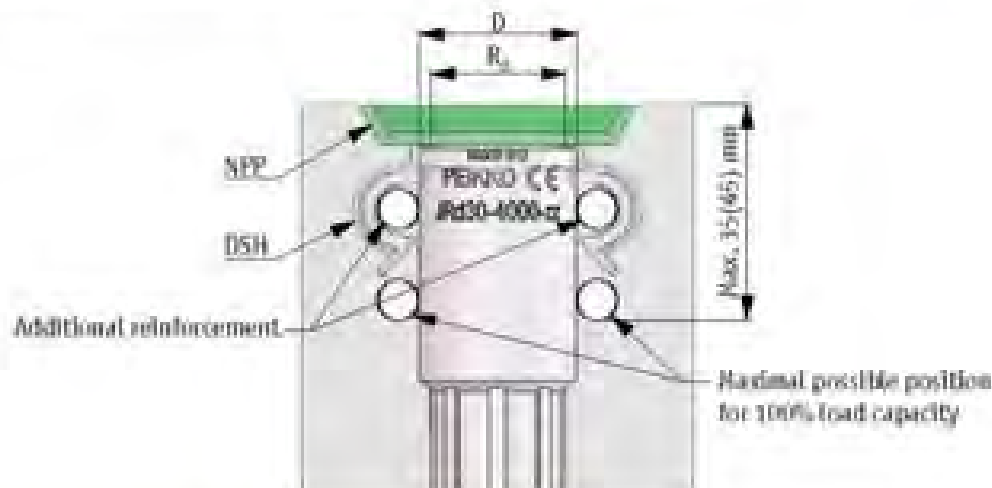
PLEASE NOTE

Diagonal pull between 12.5° and 45° and lateral pull resulting from tilting up is only permitted with additional reinforcement according to the following section.

1.3.5 Types and geometry of additional reinforcement

All additional reinforcement referred to in this section must be located so as to support the JENKA Lifting Insert, Figure 12 shows the optimum position for the additional reinforcement.

Figure 12. Installation for JENKA Long Inserts.



Reinforcement for diagonal pull (from 12.5° to 45°)

Diagonal pull on the Inserts requires special reinforcement around the socket to support the insert. This reinforcement must always have direct pressure contact with the socket. This can either be achieved by wire fixing or by utilizing Perko's DSH Item, which offers double-sided curved fixing for the additional rebar. For load angles up to 45°, the reinforcement is shown in Table 9. If the load is limited to a maximum of 30° a smaller diameter of rebar can be used.

Table 9. Diagonal rebar for all insert types.

Item No. JRd/JM	For all insert types				
	12.5° ≤ β ≤ 45°		12.5° ≤ β ≤ 30°		
	Øds [mm]	L [mm]	Øds [mm]	L [mm]	
12	6	150	6	150	
14	6	200	6	200	
16	8	200	6	250	
18	8	250	8	200	
20	8	300	8	250	
24	10	300	8	300	
30	12	400	10	350	
36	14	550	12	450	
42	16	600	14	600	
52	20	750	16	700	

1.2 JENKA short inserts

The JENKA Short Inserts, WAS, BSA and PSA, are used in applications where only limited anchoring depth is present, such as slabs. They are not intended for tilting up processes and the load angle is limited to 45°. This section describes the product properties of JENKA Short Inserts. Peikko's standard products are always delivered galvanized with Peikko Rd thread, which enables full compatibility with M thread. All dimensions given in this section are valid for all finishes and both Rd and M threaded items equally.

JRd30: JENKA Lifting Insert specialized Rd30 thread (standard item)

JM30: JENKA Lifting Insert metric M30 thread (available up on request)

1.2.1 Dimensions

JENKA Short Inserts are available in the standard lengths shown in Figure 20 and Table 15. Inserts with customized lengths for special purposes are available upon request.

Figure 20. WAS, BSA and PSA Insert types.

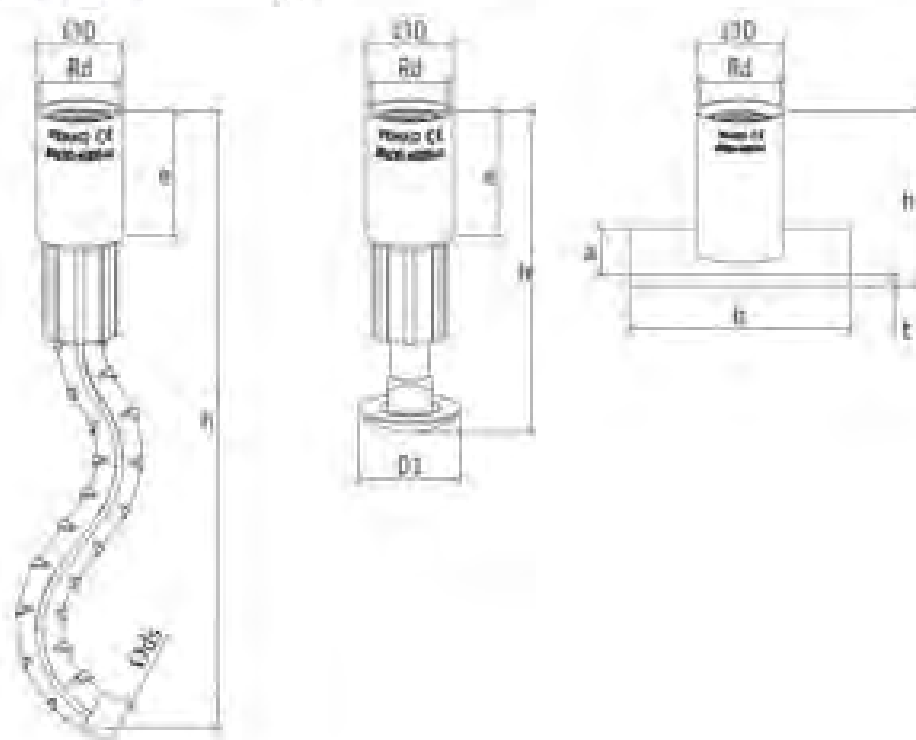


Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA Inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øds [mm]	ØD1 [mm]	a x b [mm]	t [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	190	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25	—	100x130	6	450	—	84
42	42	54.0	80	28	—	130x130	8	500	—	98
52	52	67.0	100	—	—	130x150	10	—	—	117

Ordering example for Pelko JENKA WAS Inserts.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE

Selecting items such as WAS30 or WAS30x350 defines same product because standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use the following code: WAS30xL (L in mm). The method can also be applied to BSA or PSA inserts.

1.2.2 Weight of system components

Component weights are given in Table 16. This information is valid for Rd and M threaded products and for electro-galvanized, black, or stainless steel finishes. These Tables only take into account standard product dimensions.

Table 16. Weight of JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]		
12	0.061	0.042	0.057
14	0.116	0.073	0.073
16	0.207	0.122	0.120
18	0.297	0.228	0.185
20	0.374	0.271	0.278
24	0.543	0.406	0.352
30	1.140	0.726	0.706
36	1.968	-	1.120
42	3.100	-	1.825
52	-	-	2.900

1.2.3 Safe working loads for JENKA Short Inserts

The resistance of the JENKA Lifting System is determined by a design concept that makes reference to the following standards and regulations.

EN1992-1-1:2011

Machinery directive 2006/42/EC

VDI/BV-B56205:2012

The load capacities depend very much on how and in which combination the items will be used. For short JENKA Lifting Inserts, all JENKA Lifting Keys (TLL, JL, JLV) can be used at an angle β of 0–45°.

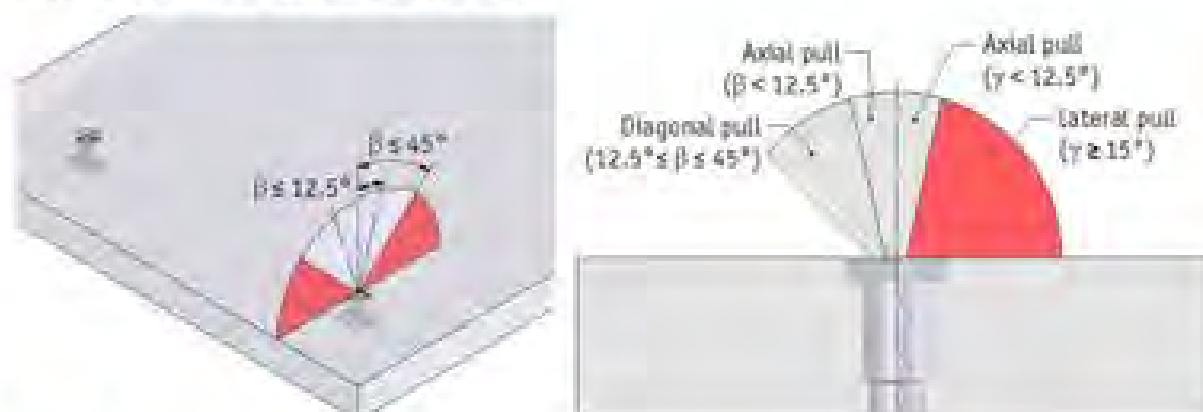
The safe working load capacities (SWL) are based upon specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting an insert, take note of the design assumptions in this manual. The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15 MPa.

Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.

Item No. JRD/JM	Load Class	WAS	BSA	PSA		
		SWL for β 0–45° [kN]	SWL for β 0–45° [kN]	at 15 MPa [kN]	at 20 MPa [kN]	at 25 MPa [kN]
12	500	5	5	5	—	—
14	800	8	8	8	—	—
16	1200	12	12	10	12	—
18	1600	16	16	14.2	16	—
20	2000	20	20	18.3	20	—
24	2500	25	25	25	—	—
30	4000	40	40	40	—	—
36	6300	63	—	63	—	—
42	8000	80	—	63	72	80
52	12500	—	—	95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.



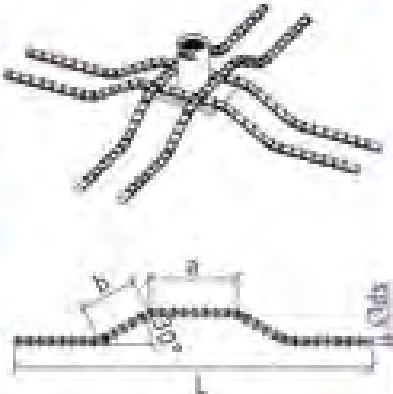
PLEASE NOTE

Diagonal pull between 12.5° and 45° is only permitted with additional reinforcement in accordance with the following section.

The PSA insert type is designed to fit into very flat and slim elements. For this reason, the insert requires anchoring bars in addition to surface reinforcement. The anchoring bars must run in pressure contact with the base steel plate. Table 20 illustrates the installation and detailed dimensions of anchoring bars.

Table 20. Reinforcement for JENKA short inserts.

Item No. JRd/JM	PSA surface Reinforcement [mm ² /m]	Amount [pcs.]	Anchoring bars for PSA			
			Øds [mm]	L [mm]	a [mm]	b [mm]
12	131	2	6	250	60	60
14	131	2	6	360	60	70
16	131	2	8	420	90	70
18	188	2	8	530	90	80
20	188	2	8	640	90	80
24	188	4	10	640	90	100
30	221	4	12	830	90	110
36	221	4	14	1140	140	120
42	513	4	16	1250	140	120
52	513	4	20	1530	140	150



2.6 Types and geometry of additional reinforcement

Reinforcement for diagonal pull (from 12.5° to 45°)

Diagonal pull on the inserts requires special reinforcement around the socket to support the insert. This reinforcement must always have direct pressure contact with the socket. This can be achieved either by wire fixation or by utilizing Pelko's DSH item, which has a double-sided curved fixation option for the additional rebar. A smaller diameter for the rebar can be used for limitations up to a maximum of 30°. Depending on the angle that must remain within 45°, the reinforcement is shown in Table 21.

Table 21. Diagonal rebar for all insert types.

Item No. JRd/JM	For all insert types			
	12.5° ≤ β ≤ 45°		12.5° ≤ β ≤ 30°	
	Øds [mm]	L [mm]	Øds [mm]	L [mm]
12	6	150	6	150
14	6	200	6	200
16	8	200	6	250
18	8	250	8	200
20	8	300	8	250
24	10	300	8	300
30	12	400	10	350
36	14	550	12	450
42	16	600	14	600
52	20	750	16	700



1.3 JENKA Lifting Keys

1.3.1 Dimensions

JENKA Lifting Keys are used to attach the crane hook, lifting slings, or chains to the JENKA Lifting Insert, which is cast into the concrete element. Different JENKA Lifting Keys are designed for different load directions.

JENKA Lifting Keys can be used with all of the JENKA Lifting System's insert types. Information on the dimensions of standard items is shown in Figure 25 and Table 22. Peikko's standard products are always delivered with Peikko Rd thread. Lifters with Rd thread do not fit into inserts with M thread. The length of TLL and JLW can be customized with wire length h upon request. All threaded JENKA Lifting Keys must be screwed into the insert with full length of the thread.

Figure 25. TLL, JL and JLW JENKA Lifting Keys.

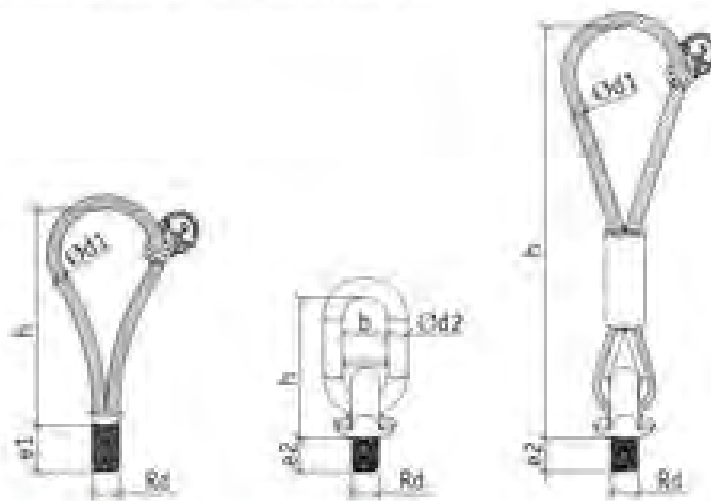


Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

Item No. JRd/JM	Dimensions						TLL	JL	JLW	TLL, JL, JLW SWL for β 0-45°	JL, JLW SWL for γ of 90°
	Rd/M [mm]	Ød1 [mm]	Ød2 [mm]	e1 [mm]	e2 [mm]	B [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	[kN]	[kN]
12	12	6	13	22	19	50	133	137	205	5	2.5
14	14	7	13	25	21	50	130	137	320	8	4.0
16	16	8	13	27	24	50	138	137	335	12	6.0
18	18	9	16	34	27	50	156	146	370	16	8.0
20	20	10	16	35	29	50	180	146	385	20	10.0
24	24	12	16	43	35	50	212	146	410	25	12.5
30	30	16	22	55	43	50	245	155	475	40	20.0
36	36	18	22	67	52	50	293	155	525	63	31.5
42	42	20	26	75	60	65	350	192	615	80	40.0
52	52	26	26	95	73	65	435	192	710	125	62.5

TECHNICAL INFORMATION



MODIX® COUPLER SYSTEM

 **peikko®**
group
CONCRETE CONNECTIONS

Reinforcing Bar Couplers

Bartec Plus

Bartec Plus couplers offer a full strength connection together with enhanced fatigue resistance, yet are the smallest in the Ancon range. They are suitable for projects of any size, including those requiring a high volume of couplers, such as road and rail bridges.

Each end of the rebar to be joined is cut square and enlarged using a cold forge process. A thread is then formed on the enlarged bar end using a thread rolling machine. The thread is such that the cross-sectional area of the bar ends are not reduced ensuring the strength of the connection matches or exceeds that of the parent bars.

It is the application of the rolled thread that differentiates Bartec Plus from other threaded rebar systems. Each thread-rolled bar end is proof-loaded to a force twice of the characteristic yield strength of the rebar. It is the combination of these processes that provide the connection with enhanced fatigue resistance.

Ancon Bartec Plus Type A standard couplers in the size range 16mm to 32mm and Type C positional couplers in the size range 16mm to 32mm are covered by UK CARES Technical Approval TA1-A 5050, having been evaluated for use as follows:

- TA1-B: Eurocode 2 and BS 8110 for static applications in tension only with BS4449 Grade B500C reinforcement
- TA1-A: Class D fatigue requirements with BS4449 Grade B500C reinforcement



Bartec Plus Type A

Bartec Plus Couplers

Bar Diameter (mm)		16	19	22	25	32
External Diameter (mm)	d	26.4	32.1	40.1	49.5	67.5
Coupler Length (mm)	l	40	48	60	72	90
Thread Form		M20x2.5	M24x3.0	M30x3.5	M36x4.0	M45x4.5
Weight (kg)		0.09	0.16	0.31	0.57	1.53
Coupler Reference		BTP16	BTP19	BTP22	BTP25	BTP32

Other sizes are available on request. Contact Ancon for more details.

Bartec Plus Locknuts

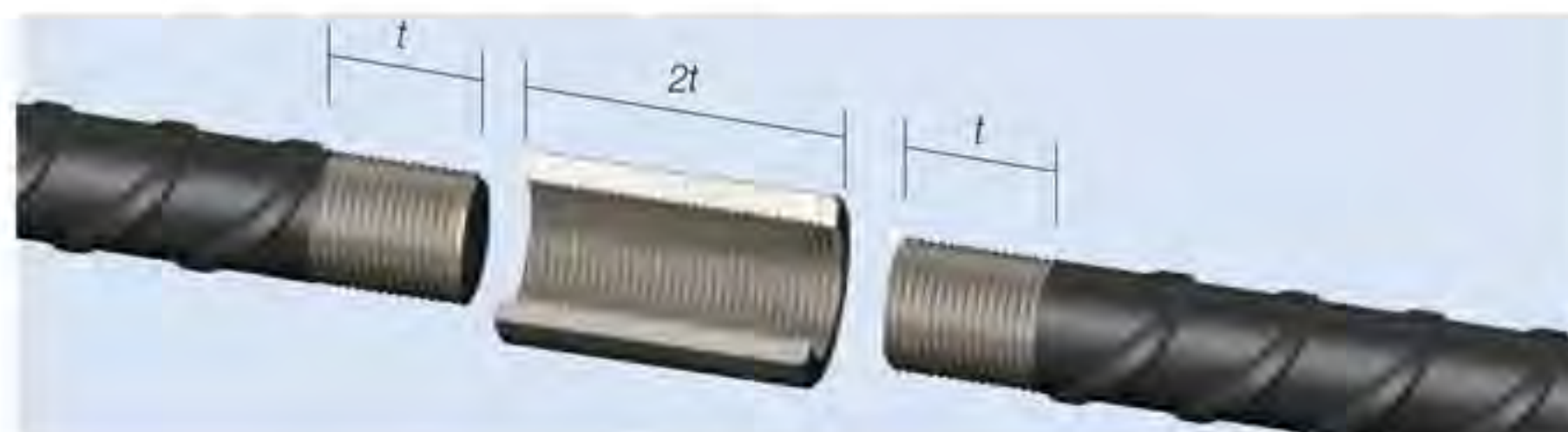
Bar Diameter (mm)		16	19	22	25	32
External Diameter (mm)		26.4	32.1	40.1	49.5	67.5
Locknut Length (mm)		13	16	20	24	30
Thread Form		M20x2.5	M24x3.0	M30x3.5	M36x4.0	M45x4.5
Weight (kg)		0.04	0.05	0.10	0.19	0.50
Locknut Reference		BTP16LN	BTP19LN	BTP22LN	BTP25LN	BTP32LN

Other sizes are available on request. Contact Ancon for more details.

Type A connections use an internal plastic cap to protect the thread in the coupler. In cases such as deep concrete pours, additional protection may be required to prevent the ingress of concrete fines. For 40mm Type C connections, the diameter of the locknuts will be marginally smaller than that of the BTP40 coupler.

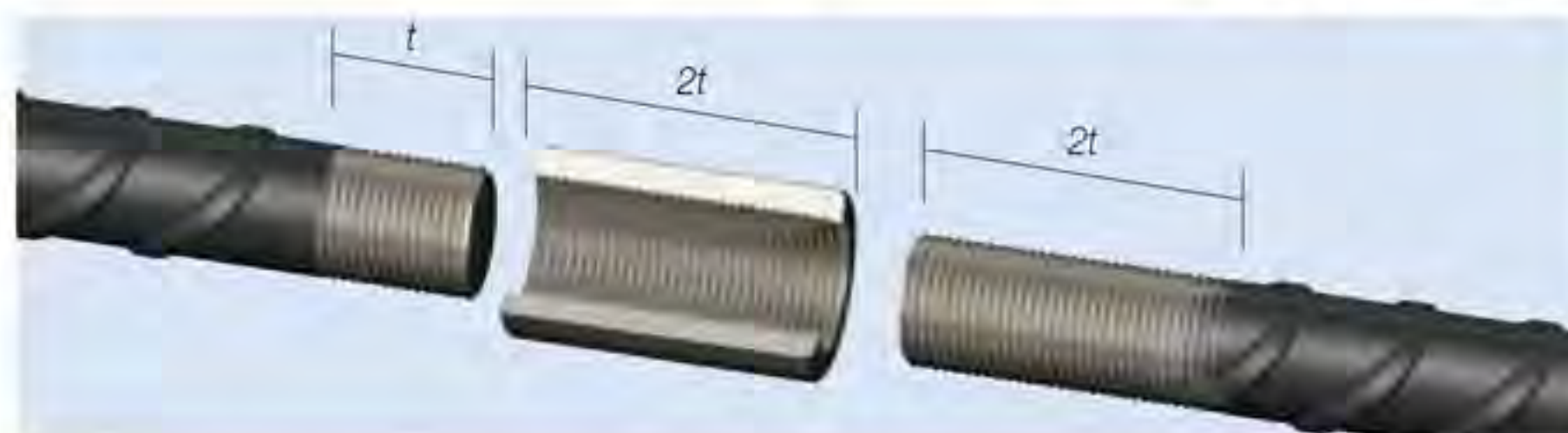
Bartec Plus Type A

The Type A connection utilises an internally threaded coupler to join two cold-forged and thread-rolled bar ends together. Each bar end is threaded to half the length of the coupler. Type A connections are used where the continuation bar can be rotated.



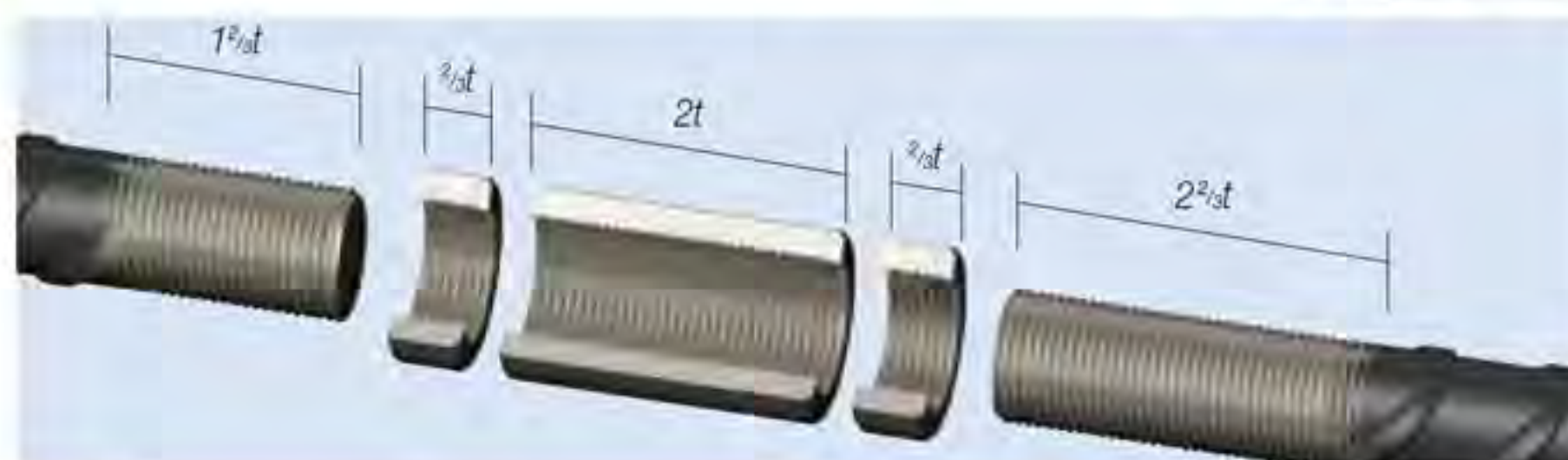
Bartec Plus Type B

The Type B connection utilises the same coupler as for the Type A, the difference being one bar end is threaded for the full coupler length. Type B connections are used where the continuation bar can be rotated for no more than one revolution.



Bartec Plus Type C

The Type C connection utilises the same coupler as for the Type A, together with locknuts and longer threads to the bar ends. Type C connections are used where the continuation bar cannot be rotated.



Peikko MODIX® PM (POSITION COUPLER)

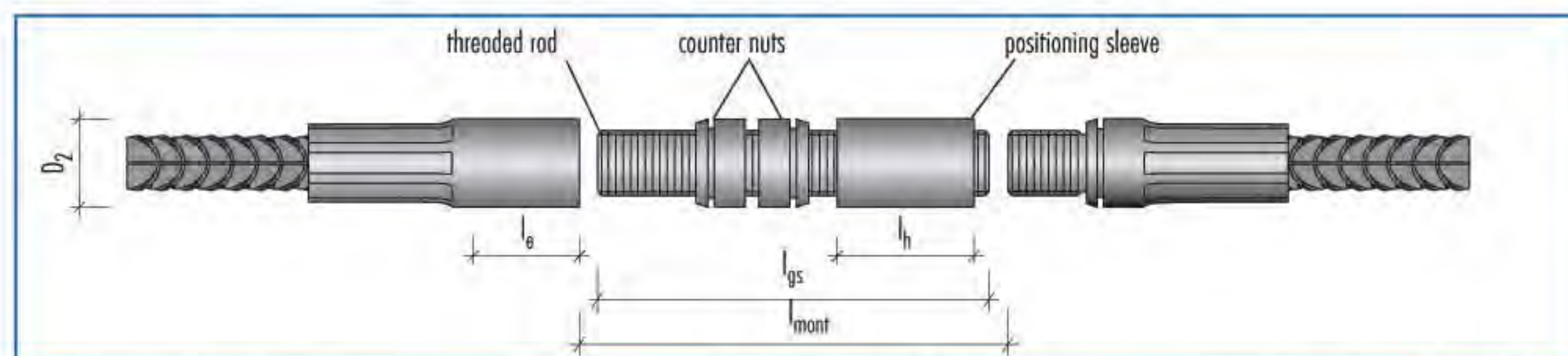
Dimensions

Colour of thread protector	Bar \varnothing [mm]	Coupler classification	Length part A [mm] l_a	Coupler length [mm] l_{konstr}	Thread length part A l_e	Length of positioning sleeve ¹⁾ l_h	Length threaded rod ¹⁾ l_{gs}	Max. free spacing ²⁾ l_{mont}	ISO-metric thread M	Coupler \varnothing [mm] D_2
orange	10	PM 10	52	125	21	37	79	59	M 12 x 1,75	17,5
yellow	13	PM 13	63	150	26	48	98	73	M 16 x 2	21
blue	16	PM 16	72	168	30	55	111	82	M 18 x 2,5	24
white	19	PM 19	80	184	33	61	121	89	M 20 x 2,5	27
grey	22	PM 22	98	213	37	69	136	100	M 24 x 3	33
red	25	PM 25	122	259	44	83	161	118	M 30 x 3,5	41
black	29	PM 29	141	298	51	97	187	137	M 36 x 4	47
brown	32	PM 32	156	338	59	112	214	156	M 42 x 4,5	53

Connection is visually checked - torque wrench is not necessary

¹⁾ Sufficient when coupler part A and B are moveable along their axis. See below „Fitting tolerances“

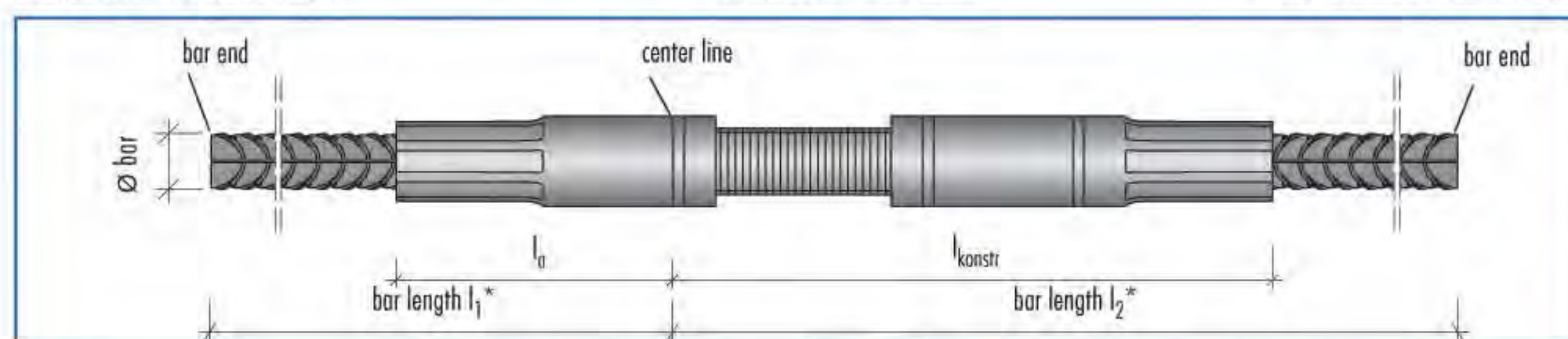
²⁾ After the threaded rod is screwed into coupler part A



Coupler part A (order sep.)

Peikko MODIX® PM

Coupler part B (order sep.)



Parts A + B screw-fitted with MODIX® PM, l_1 and l_2 = bar length for reinforcement drawing, *for bent bars provide unwound length and the bent lengths

Fitting tolerances

With the position coupler MODIX® PM, the threaded rod and the coupler part B respectively, are to be tightly fitted. In cases where a bigger tolerance along the bar axis is necessary, threaded rods and positioning sleeves of other lengths are available on request.

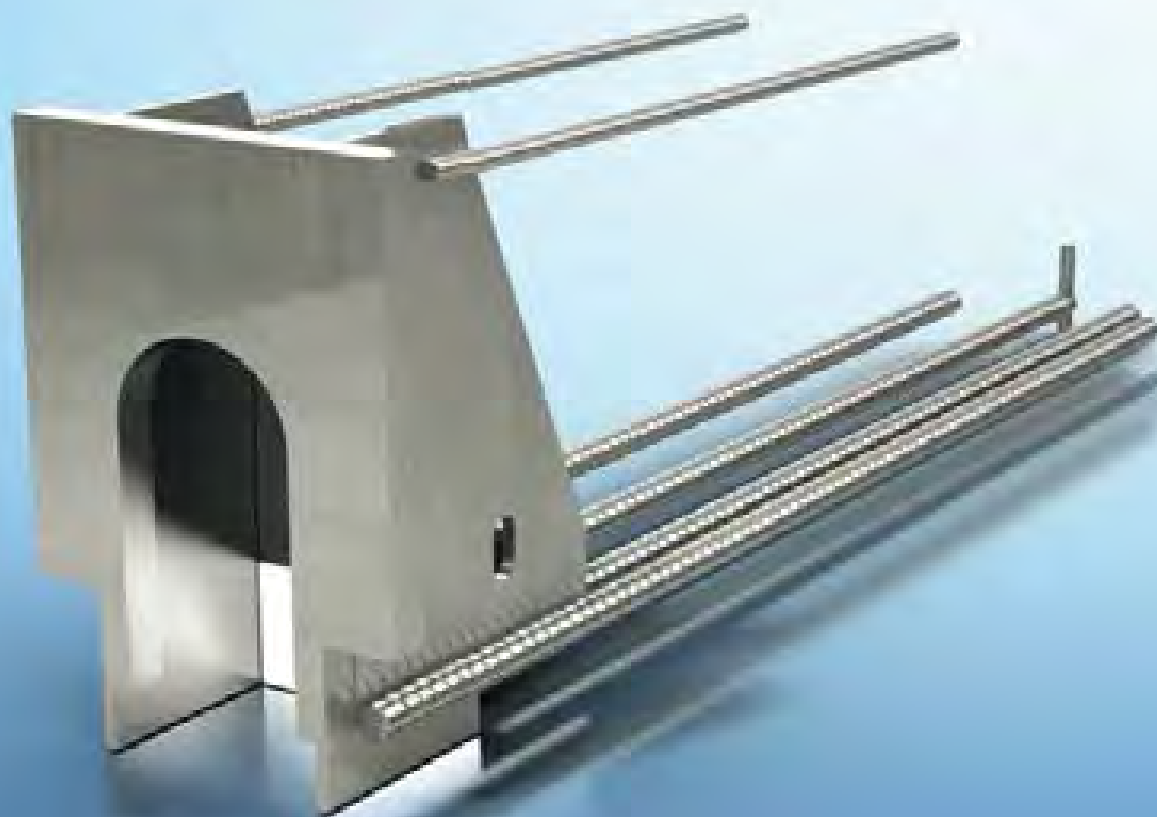
Bar lengths, bent bars

Bar lengths l_1 and l_2 are specified to the center line of the connection. The required cutting discrepancy for BSt 500 S bars is considered by the MODIX partner. On bar bends, a minimum distance of $5 \cdot d_s$ from the coupler end must be maintained.

Center line and edge spacing

For the required concrete cover and the spacing of the couplers, the same rules apply as for non-buttet bars.

PM



PC Beam Shoe

Corbel system to support beams

Version: PG 3/2012



Table 4 Dimensions (mm), weights (kg) and color codes of the beam shoes for low range beams (PC-L)

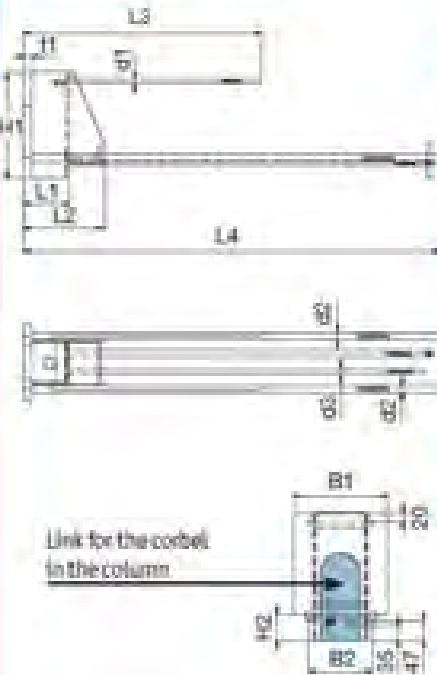






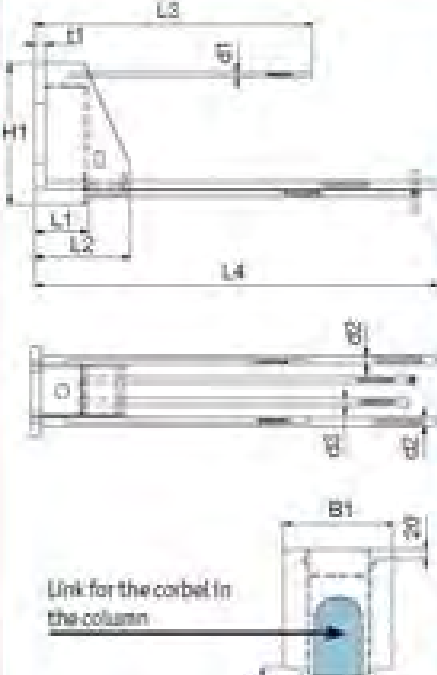






		PC Beam Shoe model					
		PC 2-L	PC 3-L	PC 5-L	PC 7-L	PC 10-L	PC 15-L
	H1	240	270	300	340	410	410
	H2	60	60	60	60	60	60
	B1	180	190	220	240	270	389
	B2	150	150	150	154	220	343
	L1	95	110	130	130	135	135
	L2	155	170	230	235	315	315
	L3	530	535	670	670	915	835
	L4	770	1135	1175	1290	1290	1830
	t1	15	20	25	25	25	25
	d1	10	10	12	12	16	16
	d2	16	16	20	20	25	25
	d3	16	16	16	20	25	25
weight		12,6	17,4	28,3	35,5	58,5	89,3
colour		 red	 grey	 yellow	 green	 blue	 black

Table 5 Dimensions (mm), weights (kg) and color codes of the beam shoes for high range beams (PC-H)

		PC Beam Shoe model					
		PC2-H	PC3-H	PC5-H	PC7-H	PC10-H	PC 15-L
	H1	280	310	340	380	450	450
	H2	100	100	100	100	100	100
	B1	180	190	220	240	270	389
	B2	150	150	150	154	220	343
	L1	95	110	130	130	135	135
	L2	155	170	230	235	315	315
	L3	530	565	670	670	915	835
	L4	675	960	975	1140	1145	1630
	t1	15	20	25	25	25	25
	d1	10	10	12	12	16	16
	d2	16	16	20	20	25	25
	d3	16	16	16	20	25	25
weight		12,3	16,5	25,8	34,3	59,0	91,8
colour		 red	 grey	 yellow	 green	 blue	 black

2. Resistances

The resistances of PC Beam Shoes are determined by a design concept that makes reference to the following standards:

- EN 1992-1-1:2004/AC:2010
- EN 1993-1-1:2005/AC:2009
- EN 1993-1-8:2005/AC:2006

PC Beam Shoe is designed to take vertical and horizontal loads. The maximum resistances of PC Beam Shoes against these two types of loads are given in Table 6 and Table 7 and are according to corresponding PCs Corbel.

The load transfer mechanism illustrated on Figure 4 shows that usually a horizontal tensile load will be associated to the vertical load acting on the corbel. The value of this horizontal tensile load is usually estimated to $H_{Ed}=0,2 \cdot V_{Ed}$ for concrete corbels. For PC Beam Shoe, the resistance against vertical load is determined for the following load combinations:

- Vertical load acting together with horizontal tensile load H_{Ed} that corresponds to 20% of V_{Ed}
- Vertical load without any horizontal tensile load

The characteristic values of resistances of PC Beam Shoes determined for fire exposure classes R60 and R90 are identical to values given in Table 6 and Table 7 for normal use situation.

Table 6 Design values of resistances of PC Beam Shoe (without horizontal tensile load)

Load	Notations	Units	PCs 2	PCs 3	PCs 5	PCs 7	PCs 10	PCs 15
Vertical load	V_{Ed}	kN	230	355	575	786	1010	1500
Horizontal load	H_{Ed}	kN	0	0	0	0	0	0

Table 7 Design values of resistances of PC Beam Shoe (with horizontal tensile load $H_{Ed}=0,2 \cdot V_{Ed}$)

Load	Notations	Units	PCs 2	PCs 3	PCs 5	PCs 7	PCs 10	PCs 15
Vertical load	V_{Ed}	kN	230	355	520	710	960	1500
Horizontal load	H_{Ed}	kN	46	71	104	142	192	300

PC Beam Shoe has no torsion resistance. Torsion in the connection can be prevented during installation by supporting the beam and during final stage by good cooperation between beam and slab. Both supports and beam's connection to the slab must be designed and defined in plans before they can be taken into account.



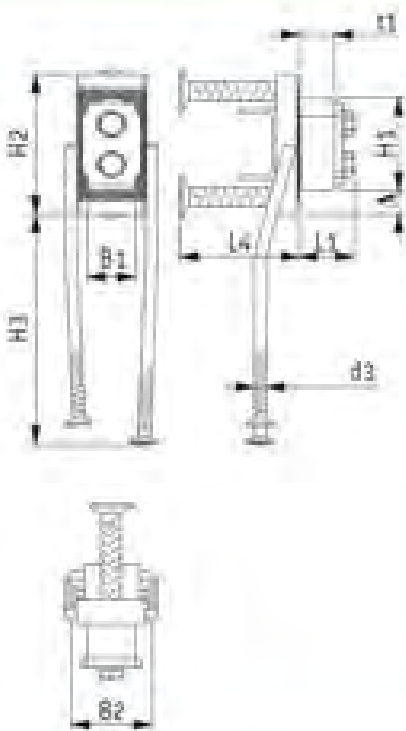
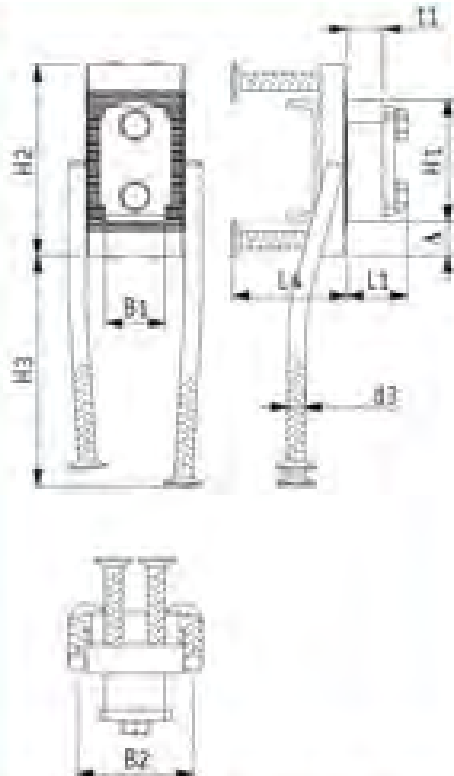





PCs CORBEL

Corbel system to support beams

Version: Peikko Group 01/2016



Table 10. Dimensions [mm], weights [kg], and color codes of the UP model column part and the corbel parts. Load class PCs 15 is not available as an UP model.

					
	PCs 2 UP	PCs 3 UP	PCs 5 UP	PCs 7 UP	PCs 10 UP
H1	155	155	200	225	280
L1*	76	92	112	112	117
B1	60	80	90	110	145
t1*	45	55	65	65	65
bolts	M16 x 100	M24 x 120	M30 x 145	M30 x 145	M30 x 150
A	27.5	40	55	62.5	50
H2	210	235	315	350	380
H3	397	386	430	423	578
L4	125	200	250	210	260
B2	116	135	150	212	222
d3	16	20	25	32	32
weight	13.5	22.5	40.5	62.0	86.1
color	 Red	 Gray	 Yellow	 Green	 Blue

* Values t1 and L1 represent distances from the column face to the end of the corbel plate and the end of the bolt respectively.

2. Resistances

2.1 Normal use

The resistances of PCs Corbels are determined by a design concept that makes reference to the following standards:

- EN 1992-1-1:2004
- EN 1993-1-1:2005
- EN 1993-1-8:2005
- CEN/TS 1992-4-2:2009

The assembly tolerances of the corbel have been taken into account in the design. The corbel is designed to withstand vertical load and torsion. The maximum resistances of PCs Corbels against these two types of loads are given in Table 13 and Table 14.

PCs Corbel acts as a vertical support to the beam. The load transfer mechanism illustrated in Figure 3 ensures that a horizontal tensile load will be associated to the vertical load acting on the corbel. The value of this horizontal tensile load usually approximates to $H_{Ed} = 0.2 \times V_{Ed}$ for concrete corbels. For PCs Corbels, the resistance against vertical loads is determined for the following load combinations:

- Vertical load acting together with a horizontal tensile load H_{Ed} that corresponds to 20% of V_{Ed}
- Vertical load without any horizontal tensile load

The resistance of a corbel under combined vertical and torsion load may be evaluated using the interaction diagram in Figure 10.

Table 13. Design values of resistances of PCs Corbels (without horizontal tensile load).

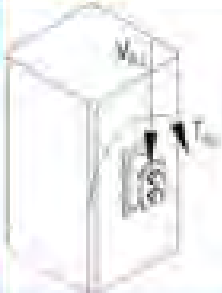

	Load	Units	PCs 2	PCs 3	PCs 5	PCs 7	PCs 10	PCs 15
	Vertical load	V_{Ed} [kN]	230	355	575	785	1010	1500
	Horizontal load	H_{Ed} [kN]	0	0	0	0	0	0
	Torsional moment	T_{Ed} [kNm]	7	15	25	50	75	170

Table 14. Design values of resistances of PCs Corbels (with horizontal tensile load $H_{Ed} = 0.2 \times V_{Ed}$).

	Load	Units	PCs 2	PCs 3	PCs 5	PCs 7	PCs 10	PCs 15
	Vertical load	V_{Ed} [kN]	230	355	520	710	960	1500
	Horizontal load	H_{Ed} [kN]	46	71	104	142	192	300
	Torsional moment	T_{Ed} [kNm]	7	15	25	50	75	170



PEC COLUMN SHOES



Version PG-1/2012

2. DIMENSIONS AND MATERIALS

Materials and standards:

Steel plates	S355J2+N	EN 10025
Anchor Bars	B500B	EN 10080
	BSI 500 S	DIN 488
	A500HW	SFS 1215

Table 1. Dimensions (mm) and weights (kg) of the PEC column shoes.

	PEC 25	PEC 29	PEC 32	PEC 36	PEC 44	tolerances
B	130	140	160	150	150	+3, -0
C	105	115	120	130	135	+3, -0
E	50	50	50	60*	60	± 1
H	1105	1155	1200	1245	1275	± 10
F	40	50	55	60	70	
Ø	45	55	55	65	70	+2, -0
X	30	37	37	37	37	
K	173	194	208	248	288	
Weight	19,1	30,3	35,2	65,1	96,9	
color code	black	red	brown	violet	white	

* Height distance from edge drilled from PPKM 38.

3. MANUFACTURING

3.1 Manufacturing method

Plates	Flame and mechanical cutting
Reinforced bars	Mechanical cutting
Welding	MAG by hand or with a robot

Welding class C (EN ISO 5817)

3.2 Quality control

Peikko Group's production units are externally controlled and periodically audited on the basis of production certifications and product approvals by various organizations, including Inspector Certification, VTT Expert Services, Nordcert, SLV TSUS and SPSC among others.

Products are marked with the emblem of Peikko Group, the type of the product and date of manufacturing.

PEC COLUMN SHOES

4. DESIGN RESISTANCES

The design resistance values in the table are according to the Eurocode 2 and 3 and ETAG 001, Annex C. If you require capacities according to other regulations, please contact Pelko's technical support. The design resistances of the column shoes are related to the anchor bolts resistances. The safety factors in the connection are stress area of the thread and material grade.

Table 2. The design resistances of the column shoe (N) for concrete grade C30/37

Column shoe	Anchor bolt	Acc. to ETAG 001	
		$N_{t,Rd}$	$N_{c,Rd}$
PEC 25	PPM 25	209,2	33,5
PEC 29	PPM 29	435,7	52,0
PEC 32	PPM 32	580,9	64,4
PEC 36	PPM 36	696,5	86,0
PEC 44	PPM 44	9325	124,1

Example calculation: column shoe PEC 29 + anchor bolt PPM 29:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_{sR} \cdot f_{tk}}{\gamma_{Ms}} = \frac{817 \cdot 800}{1,50 \cdot 1000} = 435,7 \text{ kN}$$

A_{sR} = stress area of the bolt thread

f_{tk} = tensile strength of reinforcement bar

γ_{Ms} = partial material safety factor according to ETAG 001, Annex C, equation 3.3a

The design shear resistance $V_{Rd,s}$ of single column shoe and single anchor bolt can be calculated according to the ETAG 001, Annex C (Guide for European Technical Approval), Equation 5.5. The total design shear resistance of column connection can be calculated according to EN 1993-1-8, Equation 6.3

$$V_{Rd,s} = n \cdot V_{Rd,s} + c_{gr} \cdot N_{c,Rd}$$

Where:

n = the number of anchor bolts in the connection

$V_{Rd,s}$ = the design value of shear resistance of one single anchor bolt, see table above

c_{gr} = the coefficient of friction between base plate and grout layer = 0,20

$N_{c,Rd}$ = the design value of minimum normal compressive force in the column

When used coefficient of friction value is 0,2 (sand-cement mortar), there is no need for additional testing of grout.

5. APPLICATION

5.1 Limitations for application

The design resistances of the column shoes have been calculated for static loads. In the case of dynamic and fatigue loads, greater safety factors have to be used individually for each case. If the application condition temperature is below -20 °C, it is necessary to consider using materials with better cold impact resistance according to standard EN 10025-2. The coldest application and working temperature by Eurocodes design shall be defined according to standard EN 1001-1:5 and National Annex.

5.2 Design principles

The type of the column shoes and the thickness of grout layer define the height level of the bolt from the surface of the concrete base. Nominal height levels are shown in table 8.

5.2.1 Erection stage

The erected column is considered to be in erection stage before the grouting work is done and grout has reached designed strength.

The design resistance during erection time is to be checked according to ETAG Annex C or the Technical Specifications CEN/TS 1992-4-1 and 1992-4-2. It can be checked with Pelko Designer Column Connection dimensioning program too.

For columns which are installed only on bolts without grouting, the bolts should be checked and controlled for the bending and buckling caused by wind load and dead load (own weight of the column). If the resistance of the bolt is not sufficient, bigger bolts or bigger amount of bolts must be used or the column shall be braced during erection time. The larger wind loading area due to possible consoles shall be taken into account when defining wind load.

The grouting of the joint and bolt recesses should be done as soon as possible after erecting the prefabricated columns. When grout has reached sufficient strength according to instructions of grouting material producer, upper structures (e.g. beams) can be installed on the column.

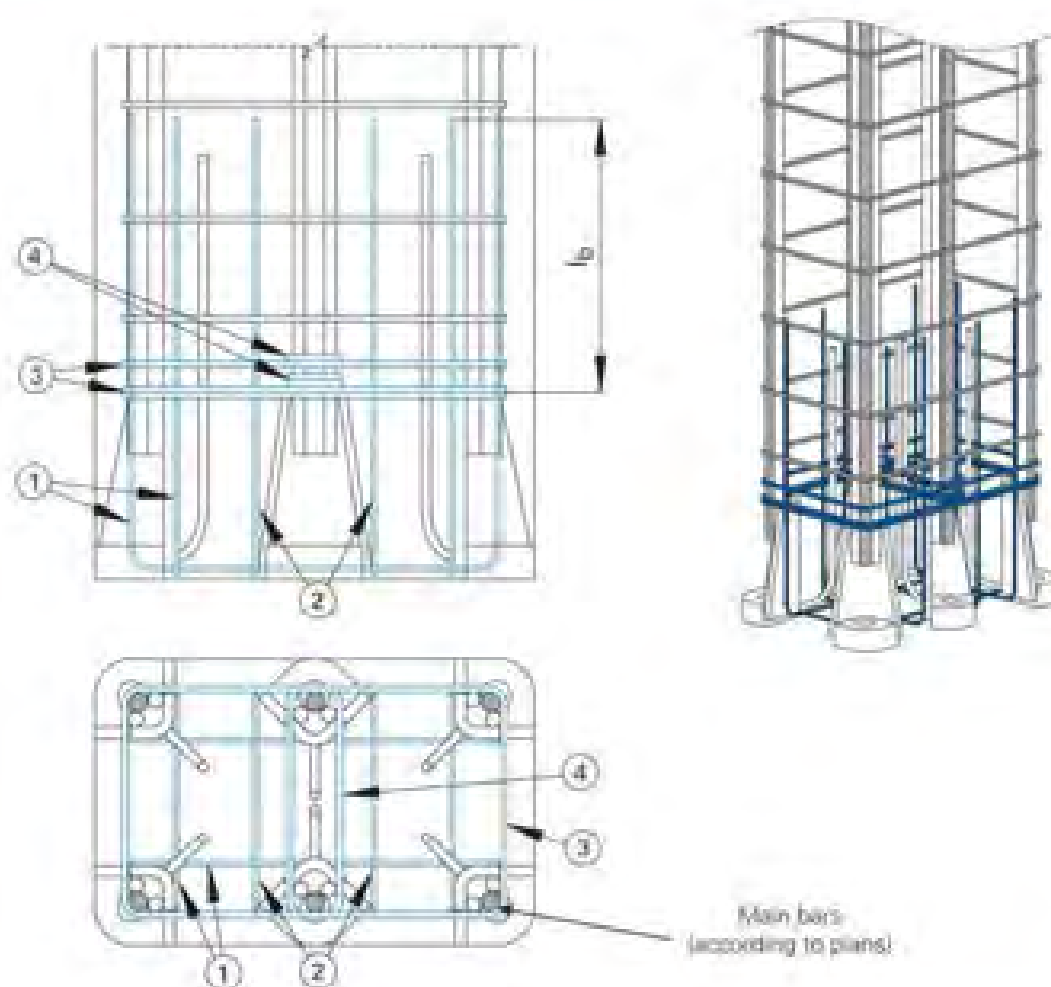


Table 3 The required stirrups (BS5008) for column shoes and the minimum length of l_b U-stirrups bar above column shoe's side plates

		PEC 25	PEC 28	PEC 32	PEC 38	PEC 44
U-stirrups	①	4 Ø 6	4 Ø 8	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
U-stirrups for middle shoes / pair	②	2 Ø 6	2 Ø 8	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
stirrups	③	3+2 Ø 8	2+1 Ø 10	2+2 Ø 10	3+2 Ø 12	3+2 Ø 12
middle stirrups	④	2+2 Ø 8	2+1 Ø 10	2+2 Ø 10	3+2 Ø 12	3+2 Ø 12
a		280	330	375	415	460
b		40	40	50	55	55
l_b		300	500	600	600	600

^a Measure l_b is to the middle of reinforcement bundle or single bar

CHROMX[®] 4100

ChromX[®] 4100 Grade 100, high-strength reinforcing steel provides the perfect blend of value and benefits for large construction projects. With a yield strength of 100 ksi, it allows for the use of up to 40% less reinforcing steel. This means engineers can solve difficult rebar congestion problems, while owners and contractors realize significant up front construction cost and time savings.

HIGH STRENGTH WITH DUCTILITY GRADE 100 STEEL

The unique technology and chemistry used to manufacture ChromX 4100 produces a Grade 100 steel that maintains excellent ductility. This means it can be fabricated just like common lower strength reinforcing steels without any special handling requirements.

- Solve Rebar Congestion
- Reduce Mat Foundation Steel
- Improve Concrete Placement
- Lower Rebar Placing Costs
- Reduce Placing Time
- Lower Cage Weights
- Less Fabrication Scrap
- Fewer Couplers
- Less Jobsite Transit and Storage

TODAY'S STEEL STANDARD[®]

Mat Foundations | Shear Walls | Confinement Ties | Drilled Shafts | Bridge Piers | Precast Beams

Specifying and Designing with ChromX 4100

ChromX 4100 is specified as ASTM A1035 with a modified chemistry.

ACI 318-08-10 Report

2010 American Concrete Institute (ACI) Innovative Task Group report outlined the use of ASTM A1035 Grade 100 steel in reinforced concrete structures. The report details considerations of using Grade 100 steel within the framework of ACI 318-08.

ICC-ES Evaluation Report ESR-2107

Provides design guidance for using ASTM A1035 up to 100 ksi beyond the current ACI 318 limitations. ESR-2107 demonstrates how ASTM A1035 Grade 100 complies with all applicable areas of the 2012 and 2009 International Building Code[®] (IBC).

AASHTO LRFD Bridge Design Specification

2013 interim revisions of AASHTO LRFD Bridge Design Specification allow reinforced concrete bridges to be designed using high-strength reinforcing steel up to a 100 ksi yield strength.

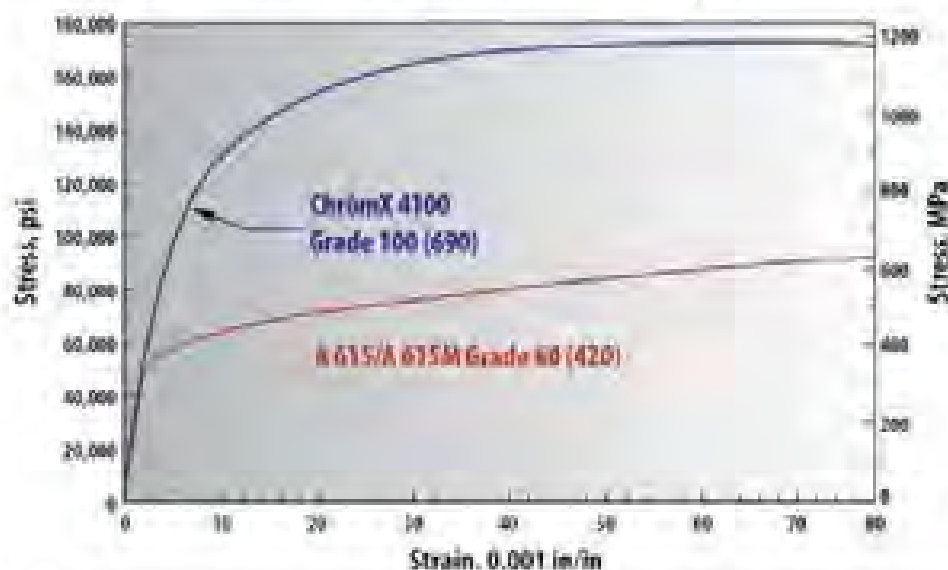
Corrosion Resistance

Due to its chrome content ChromX 4100 offers greater corrosion resistance than black steel.



CHROMX 4100

Typical Stress-Strain Curves for ChromX 4100 Reinforcing Bars



BAR SIZES

REBAR: #3 - #11, #14, & #18

COIL: #3 & #4

SMOOTH ROUND DOWELS: 1-1/8" & 1-1/2" inch diameter

CUSTOM MILL-CUT LENGTHS:

Available by special order of 25 tons or greater and a minimum length of 20'

DESIGN EXAMPLE

Conventional Design
60 ksi (420 MPa) Yield Strength



ChromX4100 Design Improvement
100 ksi (690 MPa) Yield Strength



Physical Properties of ChromX 4100

Minimum Tensile Properties	Grade 100 [690]
Tensile strength, min. psi [MPa]	150,000 [1030]
Yield strength (0.2% offset) min. psi [MPa]	100,000 [690]
Stress corresponding to an extension underload of 0.0035 in./in. (0.0035mm/mm), min. psi [MPa]	80,000 [550]
Elongation in 8 in. [203.2 mm], min. %:	
Bar Designation No. 3 through 11 [10 through 36]	7
Bar Designation No. 14, 18, [42, 57]	6

Bar Designation No.	Diameter in [mm]	Cross-Sectional Area, in ² [mm ²]	Weight, lb/ft [kg/m]
3 [10]	0.375 [9.5]	0.11 [71]	0.376 [0.560]
4 [13]	0.500 [12.7]	0.20 [129]	0.668 [0.994]
5 [16]	0.625 [15.9]	0.31 [199]	1.043 [1.552]
6 [19]	0.750 [19.1]	0.44 [284]	1.502 [2.235]
7 [22]	0.875 [22.2]	0.60 [387]	2.044 [3.042]
8 [25]	1.000 [25.4]	0.79 [510]	2.670 [3.973]
9 [29]	1.128 [28.7]	1.00 [645]	3.400 [5.060]
10 [32]	1.276 [32.3]	1.27 [819]	4.368 [6.464]
11 [36]	1.410 [35.8]	1.56 [1006]	5.313 [7.907]
14 [43]	1.693 [43.0]	2.25 [1452]	7.65 [11.38]
18 [57]	2.257 [57.3]	4.00 [2581]	13.60 [20.24]

BAB XI PENUTUP

11.1. Kesimpulan

Berdasarkan desain dan perancangan sistem lantai beton pracetak integral pada studi kasus gedung 30 lantai T-30, maka dapat ditarik beberapa poin kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Konsep desain sistem lantai beton pracetak integral yaitu modular lantai terintegrasi meliputi balok induk, pelat waffle, serta komponen utilitas dan finishing yang menjadi satu kesatuan modular. Desain modular lantai integral bersama dengan komponen pabrikasi lainnya yang dirakit menggunakan sambungan mekanis didesain bersifat universal sehingga mampu mendukung fleksibilitas desain gedung bertingkat maksimum 30 lantai dalam rusuk denah 4x4 m dan tinggi lantai 3,5 m.
- 2) Rancangan struktur pada sistem lantai beton pracetak integral yaitu gedung bertingkat 30 lantai yang menggunakan sistem ganda pada daerah gempa terkuat dan tanah lunak, dibebani menurut SNI 1727-2013, serta telah memenuhi 6 kontrol gempa SNI 1726-2012. Perancangan detail struktur beton mengacu pada SNI 2847-2013.
- 3) Dimensi hasil rancangan struktur sistem lantai beton pracetak integral yaitu:
 - Lantai Integral:
 - Tipe A (normal) dan tipe B (dekat dinding geser) berdimensi tipikal 4x4 m yang terdiri dari:
 - Balok induk : 30/50 cm
 - Pelat waffle : 10 cm
 - Balok rusuk : 10/25 cm
 - Kolom:
 - Tipe A (lantai 1-10 dari atas) : 40x40 cm
 - Tipe B (lantai 11-20 dari atas) : 60x60 cm
 - Tipe C (lantai 21-30 dari atas) : 80x80 cm
 - Dinding Geser:
 - Tipe A (lantai 1-10 dari atas) : 20 cm

- Tipe B (lantai 11-20 dari atas) : 30 cm
 - Tipe C (lantai 21-30 dari atas) : 40 cm
- 4) Seluruh sambungan antar modular menggunakan sambungan mekanis, yaitu:
- Sambungan antar lantai integral : Korbel
 - Sambungan balok-kolom : Kopler
 - Sambungan antar kolom : Column Shoe
- 5) Metode pelaksanaan dalam pembangunan gedung bertingkat menggunakan sistem lantai beton pracetak integral meliputi:
- i) Pabrikasi modular di industri
 - ii) Transportasi modular menuju lokasi proyek
 - iii) Penanganan dan ereksi modular di lokasi proyek
 - iv) Perakitan antar modular di lokasi layan
 - v) Finishing dan pembersihan

11.2. Saran

Berdasarkan analisa selama proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat penulis sampaikan adalah diantaranya :

1. Perlu pengawasan dengan baik pada saat pelaksanaan sambungan antar elemen beton pracetak karena sambungan beton pracetak tentu tidak semonolit seperti pada sambungan dengan cor setempat agar nantinya pada saat memikul beban tidak terjadi gaya-gaya tambahan yang tidak diinginkan pada daerah sambungan akibat dari kurang sempurnanya pengerjaan sambungan
2. Sambungan tipe elemen pracetak sedapat mungkin dibuat seminal mungkin untuk lebih menyeragamkan bentuk cetakan dan detail tulangan tulangan sehingga tujuan dari konstruksi dengan metode pracetak dapat terlaksana
3. Masih perlu lagi pengembangan teknologi pracetak agar lebih efisien lagi dalam penggunaannya, serta lebih mudah dalam pengaplikasiannya.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut perihal pengembangan teknologi pracetak agar lebih efisien dalam penggunaannya, sehingga para pelaku dunia konstruksi lebih mudah dalam mengaplikasikan metode beton pracetak

DAFTAR PUSTAKA

- Asosiasi Perusahaan Pracetak dan Prategang Indonesia. 2014. **Kesiapan Industri Beton Pracetak dan Prategang dalam Mendukung Pembangunan Nasional yang Efisien Menyongsong Pasar Tunggal ASEAN 2015 dan Pasar Global 2020**. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Abduh, Muhammad. 2007. **Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia: Sebuah Analisa Rantai Nilai**. Jakarta: Seminar & Pameran Teknik Konstruksi Tahan Gempa di Indonesia, HAKI.
- Abhay. 2014. **Comparison of Seismic Performance of Solid and Hollow Reinforced Concrete members in RCC framed Building using ETABS Software**. Sundernagar: JNGEC.
- Alshimmeri, Ahmad Jabbar Hussain; Al-Maliki, Hadi Nasir Ghadhban. 2014. **Structural Behavior of Reinforced Concrete Hollow Beams under Partial Uniformly Distributed Load**. Baghdad: BU.
- Board Sustainable Building. 2010. **BROAD Pavilion: Come to Learn at The Board Pavilion**. Changsa: BROAD Group.
- Board Sustainable Building. 2012. **T30A Tower Hotel Technical Briefing**. Changsa: BROAD Group.
- Board Sustainable Building. 2013. **BSB Configuration Guide**. Changsa: BROAD Group.
- Budianto, Tawio dan Iranata, D. 2010. **Perilaku dan Perancangan Sambungan Balok-Kolom Beton Pracetak untuk Rumah Cepat Bangun Tahan Gempa dengan Sistem Rangka Berdinding Pengisi (Infilled-Frame)**. Surabaya: Tesis Magister Bidang Keahlian Struktur – Teknik Sipil, ITS.
- Council on Tall Buildings and Urban Habitat. 2013. **BSB Prefabricated Method**. Cichago: Illinois Institute of Technology.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 2010. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tentang Kendaraan**. Jakarta: Dirjenhubdar.

- Englekirk, Robert E. **Design-Construction of The Paramount – A 39-Stories Precast Prestressed Concrete Apartment Building**. Los Angeles: Consulting Structural Engineer Englekirk Systems Development, Inc.
- European Committee for Standardisation. 2004. **Design of Structures for Earthquake Resistance**. Brussels: CEN.
- Federal Emergency Management Agency. 2010. **An Introduction to the NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures**. Washington: National Institute of Building Science.
- Joint Research Centre. 2012. **Design Guidelines for Connections of Precast Structures under Seismic Actions**. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Supriatna, Nandan. 2010. **Pengantar Bangunan Bertingkat**. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Precast/prestressed Concrete Institute. 2004. **PCI Design Handbook: Precast and Prestressed Concrete 6th Edition**. Chicago: PCI.
- Precast/prestressed Concrete Institute. 2007. **Designing with Precast & Prestressed Concrete**. Chicago: PCI.
- Riza, Muhammad Miftakhur. 2011. **Perencanaan Bangunan Tahan Gempa**. Yogyakarta: ARS Group.
- Setiawan, Ahmad. 2009. **Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Steel Construction Institute. 2007. **Precast Concrete Floors in Steel Framed Buildings**. Ascot: SCI.

BIODATA PENULIS



Gifari Zulkarnaen lahir pada tanggal 23 April 1994 di Ponorogo, Jawa Timur. Setelah menempuh pendidikan formal di SD Muhammadiyah 22 Surabaya, SMP Ulul Albab Sidoarjo, dan SMAN 1 Taman Sidoarjo, penulis melanjutkan pendidikan di S1 Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112100047.

Penulis sempat aktif di beberapa organisasi kampus seperti Civil ITS Tradisi Juara (CITRA), Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Sipil ITS - Al Hadiid, dan Jamaah Masjid Manarul Ilmi (JMMI) ITS. Penulis juga beberapa kali menjuarai kompetisi ketekniksipilan nasional maupun internasional, seperti Juara Harapan 1 Lomba Beton SCC Civil Week UNS 2013, Juara 2 Kompetisi Rancang Bangun Unud 2013, Juara 3 Lomba Beton Ringan CBR Unila 2014, Juara 1 Lomba Perkerasan Jalan CBR Unila 2015, Juara 2 Lomba Beton Mutu Tinggi Usakti 2015, Best Concept Design & Earthquake-resistant Certificate pada Seismic Design Competition IDEERS Taiwan 2015, dan Juara 1 Lomba Inovasi Konstruksi Gapeksindo UM 2016. Penulis juga beberapa kali mengikuti kegiatan internasional di mancanegara seperti Summer Program Kumamoto University Jepang 2015, pertukaran pelajar di Fatih University Turki 2015, dan Studi Eksekursi Teknik Sipil angkatan 2012 di Singapura pada 2016.

Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email: **gifari.zulk@gmail.com**